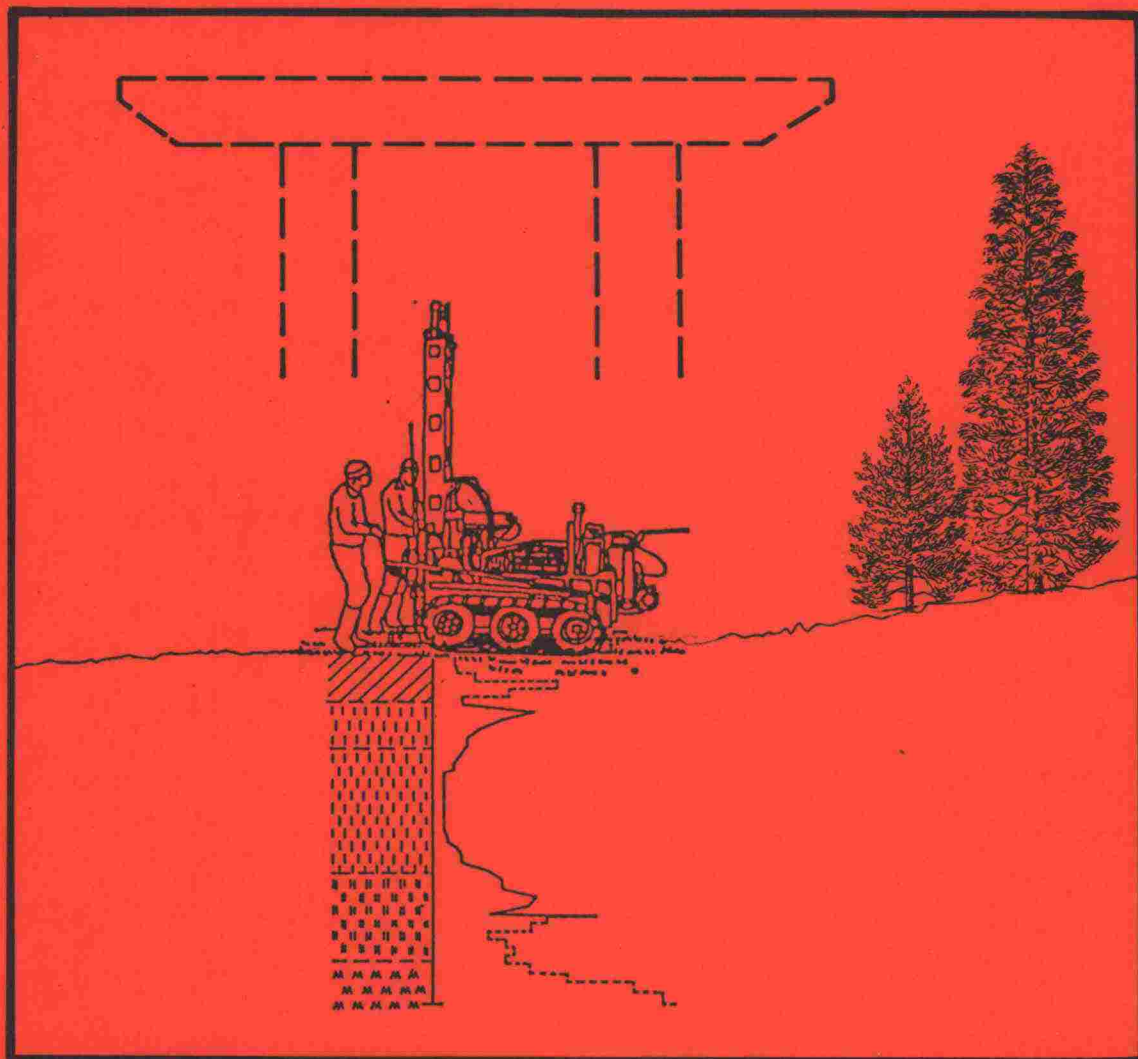


SILTOJEN POHJATUTKIMUSOHJE



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS 1989

TVH 733336

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
TUOTANTO-OSASTO
Geopalvelukeskus

MAARAYS

OHJE X MUU OHJAUS

NRO

Tg-32

ASIARYHMA

C.8.7.2

PVM

24.5.1989

VASTAANOTTAJA

Tie- ja vesirakennuspiirit

SAADOSPÄRUSTA

Työjärjestys

KORVAA

Maarakennusalan tutkimus- ja
suunnitteluohjeita TVH 732660
Osa III kohta 1.31

VOIMASSA

Toistaiseksi

KOHDISTUVUUS

TVH X

PIIRIHALLINTO X


MUU VALT.HALLINTO

ULKOPUOLISET

SILTOJEN POHJATUTKIMUSOHJE TVH 733336

Tätä siltojen pohjatutkimusohjetta noudatetaan tie-
hankkeisiin liittyvissä siltasuunnitelmissa ja
erillisissä siltahankkeissa sekä vanhojen siltojen
vahvistamis- tai uusimissuunnitelmissa. Ohjeessa
selostetaan myös siltaan liittyvien rakenteiden ku-
ten tulopenkereiden ja tukimuurien sekä työnaikais-
ten rakenteiden kuten kaivantojen, kiertoteiden, te-
lineiden ja varasiltojen pohjatutkimuksia. Ohjetta
käytäntöön sovellettaessa otetaan huomioon suunnit-
eltavan sillan erityispiirteet.

Johtaja


Antti Talvitie

Apulaisjohtaja


T. Hailikari

LISÄTIETOJA

M. Kolhinen

TVH/Geopalvelukeskus

puh. (90) 154 2975

LISÄJAKELU

TVH/Lomakevarasto

P1 33

00521 HELSINKI

puh. (90) 154 2052

LIITE

5 kpl

TIEDOKSI (liitettä 1 kpl)

T

Tt

Tg

S

Skk

Sts

Sss

Piirien maatumkimus- ja siltainsinöörit

Tg:n tekninen henkilökunta

VTT/geotekniikan laboratorio

Suomen Geoteknillinen yhdistys ry.

V.Myyrä/Rautatiehallitus

Viatek Oy

Konsulttitoimistot erillisen luettelon mukaisesti

A. Junnila/Viatek Oy

J. Heikkilä/Viatek Oy

H. Ampuja/Viatek Oy

H. Ollila/Insinööritoimisto Siltatekniikka

M. Huuskonen/Sss

V. Valtonen/U-piiri

M. Kolhinen/Tg

Kirjasto ohjeluetelo C.8.7.2

SILTOJEN POHJATUTKIMUSOHJE

**TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
GEOPALVELUKESKUS 1989**

TVH 733336

Valtion painatuskeskus/
Valtioneuvoston monistamo

Helsinki 1989
ISBN 951-47-1601-9

ESIPUHE

Siltojen pohjatutkimusohje korvaa TVH:n julkaisun "Maarakennusalan tutkimus- ja suunnitteluohjeita" (punaisen kirjan) osan III kohdan 1.31.

Ohje on laadittu konsulttityönä kiinteässä yhteistoiminnassa työtä ohjaavan työryhmän kanssa. Pääosan työstä on tehnyt dipl.ins. Antti Junnila Viatek Oy:stä. Työryhmän muut jäsenet ovat dipl.ins. Jaakko Heikkilä Viatek Oy:stä, dipl.ins. Matti Huuskonen TVH:n sillansuunnittelutoimistosta ja ins. Voitto Valtonen Uudenmaan tie- ja vesirakennuspiiristä. Työn valvojana ja geopalvelukeskuksen edustajana työryhmässä on ollut dipl.ins. Matti Kolhinen. Luvun 3 on kirjoittanut pääasiassa dipl.ins. Heino Ollila Siltatekniikka Oy:stä. Luvun 10 laatimiseen on osallistunut RI Helge Ampuja Viatek Oy:stä.

Ohjetta viimeisteltäessä on merkittävässä määrin otettu huomioon lausunnot, joita saatiin viideltä tie- ja vesirakennuspiiriltä sekä kymmeneltä henkilöltä TVH:sta.

SILTOJEN POHJATUTKIMUSOHJE

SISÄLTÖ

	ESIPUHE	3
1	JOHDANTO	9
	1.1 Tutkimusten tarve	9
	1.2 Ohjeiden tarkoitus ja sisältö	9
	1.3 Siltapaikka-asiakirjat	10
	1.4 Ohjeiden kytkeytyminen muihin ohjeisiin	10
2	SILTATUTKIMUKSET TIESUUNNITTELUN ERI VAIHEISSA	11
	2.1 Tien- ja sillansuunnittelun vaiheet	12
	2.2 Erilaiset sillat ja niiden suunnittelu- ja tutkimustarve eri vaiheissa	13
3	SILTATYYPIT	14
	3.1 Siltapaikan määräytyminen	14
	3.2 Yleisimmät siltatyypit	15
	3.3 Tyypin valintaan vaikuttavat tekijät	17
	3.4 Tukien paikat tavanomaisissa silloissa	18
4	SILTOJEN PERUSTAMINEN	20
	4.1 Erilaiset geologiset olosuhteet siltojen perustamisen kannalta	20
	4.2 Sillan perustamistavan arviointi	21
5	TUTKIMUSMENETELMÄT	23
	5.1 Tavanomaiset tutkimusmenetelmät ja niillä saatava tieto	23
	5.2 Kaluston kehityssuuntauksia	24
	5.3 Porakonekaluston suorituskyky	25
6	POHJATUTKIMUSOHJELMA	28
7	ESISUUNNITTELUVAIHEIDEN POHJATUTKIMUKSET	31
	7.1 Pääsuuntaselvitysvaiheen pohjatutkimukset	31
	7.11 Tavoitteet	31
	7.12 Lähtötiedot	31
	7.13 Tutkimusten määrä ja laatu	32

7.2	Yleissuunnitteluvaiheen pohjatutkimukset	32
7.21	Tavoitteet	32
7.22	Lähtötiedot	33
7.23	Tutkimusten määrä ja laatu	33
	- ylitys / alitus-vertailut	
	- siltapaikan valinta ja sillan pituuden määrittäminen	
8	SILTAPAIKAN VALINTATUTKIMUKSET	35
9	YKSITYISKOHTAISET TUTKIMUKSET	39
9.0	Yleistä	39
9.1	Maanvaraisperustus	40
	- täytteen varainen perustaminen	
	- pudotustiivistys tms. maanvaraisperustamisen erikoisratkaisut	
9.2	Kallionvarainen perustaminen	46
9.3	Paaluperustus	48
9.30	Yleistä	48
9.31	Lyöntipaalun pituus tukipaaluna	49
9.32	Kitkapaaluna toimiva lyöntipaalu	51
9.33	Kallionvaraisen kaivinpaalun pituus	52
9.34	Maakerrokseen tukeutuva kaivinpaalu	52
9.35	Paalutuksen toteutettavuus	53
	- paalutusta häiritsevä tiiviys, kivisyys ja lohkaraisuus	
	- paalutuksen ympäristöriskien selvittäminen	
9.36	Erikoiskysymykset	55
	- paaluja ympäröivien maakerrosten lujuus- ja kokoonpuristuvuusominaisuudet	
	- korroosio	
9.4	Siltaan liittyvien muiden rakenteiden pohjatutkimukset	56
9.41	Tulopenger	56
9.42	Tukimuurit	57
9.43	Väliaikaiset rakenteet	57
	- kaivannot	
	- kiertotiet	
	- telineet	
	- varasillat	
9.5	Erikoiskysymykset	60
9.51	Vesistösiltojen erikoispiirteet	60
9.52	Ratasiltojen erikoispiirteet	61
9.53	Urakoitsijan vaihtoehtoihin tarjouksiin varautuminen	63
9.6	Mittaustyöt	63
10	VANHAT SILLAT	64
10.1	Tutkimustarve	64
10.2	Esiselvitykset	65
10.3	Tutkimusten vaihteuttaminen ja tutkimusohjelma	66

10.4	Tutkimukset	67
10.41	Tutkimukset kun sillan tuen kuormaa lisätään	67
	- kallionvarainen tuki	
	- maanvarainen tuki	
	- paalutettu tuki	
10.42	Tutkimukset kun tehdään rakennustöitä sillan tukien vieressä	69
11	TUTKIMUSTULOSTEN ESITTÄMINEN	71
11.1	Siltapaikka-asiakirjat	71
11.2	Siltasuunnitelma	76

LIITTEET

- SGY:n merkinnät
- Mallisilta S4
 - Siltapaikan kartta
 - Siltapaikan pituusleikkaus
 - Siltapaikan poikkileikkaukset
- Mallisilta S11
 - Siltapaikan kartta
 - Siltapaikan pituusleikkaus
 - Siltapaikan poikkileikkaus

1

JOHDANTO

1.1

Tutkimusten tarve

Suurin osa uusista silloista suunnitellaan ja toteutetaan tie-, katu- ja ratahankkeisiin liittyen. Siltoja rakennetaan myös yksittäisinä hankkeina. Tyypillisiä tällaisia tapauksia ovat painorajoitettujen siltojen korvaaminen uusilla, olemassaolevien siltojen leventäminen, kevyen liikenteen siltojen rakentaminen tai rautateiden tasoristeyksien korvaaminen silloilla. Useimmin siltoja rakentavat tie- ja vesirakennuslaitos, Valtionrautatiet ja kaupungit. Myös kaupunkien rakennuttamien siltojen suunnitelmat tulevat TVL:n tarkastettaviksi, jos niihin on anottu valtionapua. Olipa kysymyksessä uuden sillan suunnittelu tai vanhan korjaaminen, sillansuunnittelu edellyttää aina tietoja siltapaikan pohjasuhteista. Maa- ja kallioperäolosuhteet vaikuttavat siltapaikan ja siltatyypin valintaan, perustamistapaan ja rakennusmenetelmiin. Pohjasuhteilla on usein huomattava merkitys sillan toteutuskustannuksiin.

Suomen maa- ja kallioperälle on tyypillistä topografian ja pohjasuhteiden vaihtelevuus, mikä lisää tarvittavien pohjatutkimusten määrää.

1.2

Ohjeiden tarkoitus ja sisältö

Tässä ohjeessa esitetään hyvä käytäntö siltojen pohjatutkimusten ohjelmointia varten. Ohjeen pääasiallisena tarkoituksena on selostaa erilaisten siltojen pohjatutkimustarvetta ja -menetelmiä suunnittelun eri vaiheissa. Ohjeen piiriin kuuluvat sekä uusien siltojen suunnittelun että vanhojen siltojen korjaussuunnittelun edellyttämät pohjatutkimukset ja selvitykset.

Ohjeessa käsitellään myös siltaan välittömästi liittyvien rakenteiden, kuten esimerkiksi tulopenkereiden ja tukimuurien pohjatutkimustarvetta. Lisäksi on pyritty ottamaan huomioon työnaikaisten

rakennustoimenpiteiden aiheuttama tutkimustarve. Ratasiltojen pohjatutkimusten ohjelmointi on sisällytetty ohjeeseen, koska rata-siltoja suunnitellaan usein tiensuunnitteluhankkeisiin kuuluvina.

Pohjatutkimusten ohjelmointia varten ohjeessa esitetään lyhyesti yleisimpiä siltatyyppejä ja perustamistapoja sekä käytössä olevia pohjatutkimusmenetelmiä. Kysymyksessä ei siis ole suunnitteluohje, vaan tavanomaisiin olosuhteisiin ja tilanteisiin sopiva pohjatutkimusohje. Hankalissa siltateknisissä ja geoteknisissä kysymyksissä on käännäyttävä näiden alojen asiantuntijoiden puoleen.

Ohjeessa käsitellään lopuksi myös pohjatutkimusten esittämistä.

1.3

Siltapaikka-asiakirjat

Siltapaikalla tehtävien maastotutkimusten tulokset muodostavat osan siltapaikka-asiakirjoja. Siltapaikka-asiakirjat täydentyvät pohjatutkimusten, mittauksen ja kartoitusten osalta vähitellen suunnittelutyön edetessä. Geoteknillisen suunnittelijan tulee huolehtia siitä, että sillansuunnittelijalla on aina käytössään kunkin suunnitteluvaiheen kannalta riittävä tieto maaperästä ja sillan perustamistapamahdollisuuksista. Sillan yleissuunnittelua varten tulee sillan suunnittelijalla olla käytössään jo lähes lopullisella tarkkuudella sillan perustamista koskevat tiedot.

1.4

Ohjeiden kytkeytyminen muihin ohjeisiin

Siltojen pohjatutkimusohjetta täydentävät mm. seuraavat pohjatutkimus- ja suunnitteluohjeet:

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry:n (RIL) julkaisu:

- Pohjarakennusohjeet RIL 121-1988

TVH:n julkaisut:

- Pohjarakennusohjeet sillansuunnittelussa (nimi alustava), TVH 722068, valmistuu 1989
- Siltapaikka-asiakirjat, TVH 722054, 1979

- Teräsputkipaaluohjeet, TVH 723448, 1989
- Siltasuunnitelma, TVH 722067, 1988
- Silta ja ympäristö, TVH 723443, 1987
- Rakennuttamisohje, TVH 731599, 1984

Suomen geoteknillinen yhdistys ry:n (SGY) julkaisut:

- Kairausopas I, Painokairaus, pisto- ja lyöntikairaus, heijarikairaus, 1981
- Kairausopas II, Siipikairaus, 1981
- Kairausopas III, Maanäytteiden ottaminen
- Kairausopas IV, Pohjavedenpinnan mittaaminen, 1987
- Kairausopas V, Porakonekairaus, 1986
- Rakennusalan kalliotutkimusohjeet (RKO-79)
- Lyöntipaaluohjeet (LPO-87)
- Suurpaalutusohjeet (SPO-78)
- Talonrakennuksen pohjatutkimusohjeet (TPO-83), pohjatutkimusmenetelmien osalta

Maanäytteiden laboratoriokokeita on selostettu yksityiskohtaisesti seuraavissa julkaisuissa:

- Tie- ja vesirakennushallitus 1970, Maarakennusalan tutkimus- ja suunnitteluohjeita II
- Geotekniset laboratorio-ohjeet (GLO-85)
 1. Luokituskokeet, SGY 1985

2.

SILTATUTKIMUKSET TIENSUUNNITTELUN ERI VAIHEISSA

Kuvassa 1 on esitetty kaaviomaisesti pohjatutkimusten ajoittuminen sillansuunnittelun ja toisaalta tiensuunnittelun eri vaiheisiin. Kaaviossa on esitetty myös luettelomaisesti kussakin suunnitteluvaiheessa tehtävien tutkimusten pääasiallinen tarkoitus. Kaavio on laadittu tiehankkeeseen liittyvien siltojen pohjatutkimusten ohjelmointia ja ajoittamista varten. Kun silta suunnitellaan ja rakennetaan erillisenä hankkeena, siltatutkimukset kytkeytyvät vain kaaviossa esitettyihin sillansuunnittelun vaiheisiin.

Tapauskohtaisesti voidaan kaavion esittämistä periaatteista poiketa. Esimerkiksi yksityiskohtaiset siltapaikkatutkimukset voidaan tehdä jo tiesuunnitelmavaiheen loppupuolella silloin kun teiden linjaukset on riittävän varmasti päätetty ja rakennussuunnittelu on alkamassa heti tiesuunnitelmavaiheen jälkeen.

SILTATUTKIMUSTEN VAIHEET						
TIEN-SUUNNITTELU	PS	YS	TS	RS	RAKENT.	KÄYTTÖ
SILLAT	* SUURET SILLAT	* SUURET SILLAT KESKIKOKOISET SILLAT	* KAIKKI SILLAT			
SELVITETTÄVÄT ASIAT	* SILTAPAIKAT	* SILTOJEN TARVE * SILTAPAIKAT * PERUSTAMISEN VAIKEUSASTE * YLITYS/ALITUS (ERITASOLIITTYMÄT)	* SILTAPAIKAT JA -TYYPIT * PERUSTAMIS-VAIHTOEHDOT	* PERUSTAMIS-TAPA * MÄÄRÄ- JA KUSTANNUS TIEDOT * TYÖJÄRJESTYS-KYSYMYKSET	* URAKOITSIJAN VAIHTOEHDOT	* SEURANTA
POHJATUTKIMUKSET	* ORIENTOIMA TUTKIMUKSIA PEHMEIKÖILLÄ * GEOLOGISIA SELVITYKSIÄ	* POIKKILEIKKAUS-TUTKIMUKSIA PEHMEIKÖILLÄ * POHJAVESI-SELVITYKSIÄ * LINJATUTKIMUKSIA	* SILTAPAIKAN VALINTA-TUTKIMUKSET * VESISTÖ-SILTOJEN TUTKIMUKSET	* YKSITYIS-KOHTAISET TUTKIMUKSET SILTAPAIKOILLA * SILTAPAIKKA-ASIAKIRJAT	* RAKENNUKSEEN AIKAISET LISÄTUTKIMUKSET	* TARKKAILUT -TOKSET
SILLAN-SUUNNITTELU	ESISUUNNITTELU		ESISUUNN.	YLEIS.	RAK. SUUNN.	
				YLEISS.	ALUST. RAK. RAK. SUUNN. SUUNN. JATKUU	

Kuva 1. Siltatutkimusten vaiheet sekä tutkimusten niveltyminen sillan- ja tiensuunnitteluun

2.1

Tien- ja sillansuunnittelun vaiheet

Tiensuunnittelun vaiheet ovat:

- **Pääsuuntaselvitys (PS)**, jonka tarkoituksena on saada aikaan päätös tieyhteyden periaatteellisesta linjauksesta
- **Yleissuunnitelman (YS) laatiminen.** Yleissuunnitelman tarkoituksena on mm. maankäytön suunnittelua varten ja tiesuunnitelman lähtökohdaksi määrittää tien likimääräinen linjaus, tasauksen periaatteet, eritasoliittymien periaateratkaisut ja

hankkeen alustava kustannusarvio. Tien linjauksessa tavoiteltava tarkkuus on taajama-alueilla muutaman metrin ja vapaassa maastossa muutaman kymmenen metrin luokkaa.

- **Tiesuunnitelman (TS) laatiminen.** Tiesuunnitelma on juridinen asiakirja tielain mukaista käsittelyä varten. Tiesuunnitelmassa on pystyttävä määrittämään tiealueen tarkka tarve ja tien kustannusarvio hankkeen eri osapuolien välistä kustannusjakoa varten.
- **Rakennussuunnitelman (RS) laatiminen.** Rakennussuunnitelmassa tekniset ratkaisut suunnitellaan sillä tarkkuudella kuin rakentamisen kannalta on optimaalista.
- **Rakentamisen aikainen työmaapalvelu.**

Suunnittelun eri vaiheiden välillä on hallinnollisten käsittelyjen edellyttämiä taukoja. Rakennussuunnitelma on yleensä tehty heti tiesuunnitelman jälkeen, mutta viime aikoina ko. suunnitteluvaiheet ovat yhä useammin olleet toisistaan erillisiä ja rakennussuunnitelma on tehty vasta kun rakentamisajankohdasta on saatu varmuus. Tällaisissa tapauksissa rakennussuunnitelman valmistumisen ja rakentamisen alkamisen välinen aika lyhenee tai jää jopa kokonaan pois.

Sillansuunnittelun vaiheet ovat esisuunnittelu, yleissuunnittelu ja rakennussuunnittelu. On huomattava, etteivät tien yleissuunnittelu ja sillan yleissuunnittelu yhteisestä nimestään huolimatta vastaa tarkkuudeltaan toisiaan eivätkä tapahdu samaan aikaan. Riippuen sillan koosta ja merkityksestä sillansuunnittelu kytkeytyy tiensuunnitteluun sen eri vaiheissa.

2.2

Erilaiset sillat ja niiden suunnittelu- ja tutkimustarve eri vaiheissa

Sillat voidaan jaotella seuraavasti:

- * Suuret sillat
 - lähinnä vesistösiltoja
 - pituus yli 100...150 m

- * Keskikokoiset sillat
 - esim. eritasoliittymän risteyssillat
 - pituus 20...100 m
- * Pienet sillat
 - esim. alikulkukäytävät tai kehärakenteiset pienet risteyssillat
 - pituus alle 20 m

Suuret sillat otetaan huomioon jo pääsuuntaselvitysvaiheessa. Yleissuunnitteluvaiheessa tulevat mukaan tarkasteluihin keskikokoiset ja pienet sillat. Käytännössä pienten siltojen osalta sillan tarpeen ja sijainnin lopullinen ratkaiseminen jää usein tiesuunnitelmavaiheeseen.

Pääsuuntaselvitys- ja yleissuunnitelmavaiheessa selvittää yleensä tiensuunnitteluun liittyvien pohjatutkimusten avulla. Suurten tai muuten hankalien siltojen osalla suoritetaan siltakohtaisia tutkimuksia jo tiensuunnittelun varhaisissa vaiheissa, koska sillat saattavat määrätä tielinjan sijainnin.

3

SILTATYYPIT

3.1

Siltapaikan määräytyminen

Sillan paikkaan vaikuttavia tekijöitä ovat:

- sidotut tie-, rata- ja katulinjaukset
- vesistöt tai muut esteet
- sopeutuminen ympäristöön, varsinkin vaativissa kohteissa
- perustamisolosuhteet ja niistä aiheutuvat kustannukset, pengerkustannukset mukaanluettuina
- nykyisen sillan käyttö varasiltana, mikä on tärkeä näkökohta rakennettaessa uutta siltaa nykyisen viereen.

Varsinkin kaupunkimaisessa ympäristössä sillan paikka määräytyy usein varsin tarkasti ensiksi mainitun näkökohdan perusteella. Sen sijaan vapaammassa maastossa siltaa voidaan usein siirtää perustamisolosuhteiltaan ratkaisevastikin paremmalle paikalle, mikä ei pienipiirteisesti vaihtelevissa olosuhteissa edellytä kovinkaan suurta siirtoa. Tyypillinen tapaus on päätien alittava/ylittävä yksityistie tai kevyen liikenteen väylä. Tavallinen tilanne on myös uuden sillan rakentaminen vanhan rinnalle. Tällöin voidaan pienellä sivuttaissiirrolla välttää hankalasti tuettava peruskuoppa.

3.2

Yleisimmät siltatyypit

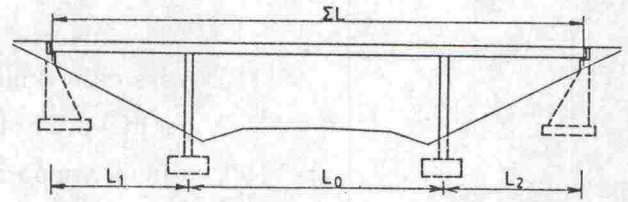
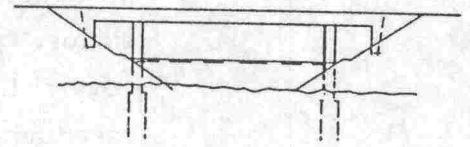
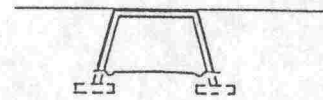
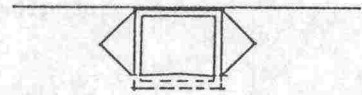
Silloista käytetään käyttötarkoitusta kuvaavia lajिनimityksiä sekä staattista toimintaa ja rakennetta kuvaavia tyyppinimiä.

Siltalajit ovat:

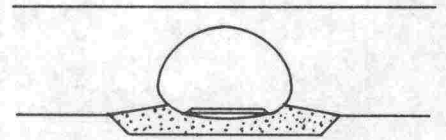
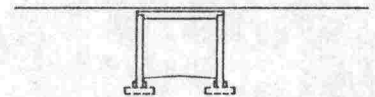
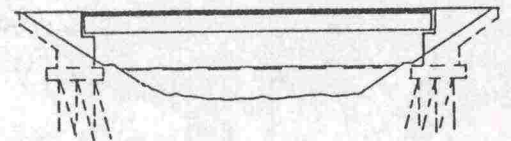
- silta, tie vesistön tai pehmeikön yli
- ratasilta, rautatie vesistön tai pehmeikön yli
- risteyssilta, tie toisen tien yli tai ali
- alikulkusilta, tie rautatien ali
- ylikulkusilta, tie rautatien yli
- alikulkukäytävä, kevytliikenneväylä tien tai rautatien ali
- ylikulkukäytävä, kevytliikenneväylä tien tai rautatien yli

Staattinen toiminta ja rakenne vaikuttavat perustamistavan valintaan. Yleisimpiä tyyppejä on esitetty kuvassa 2.

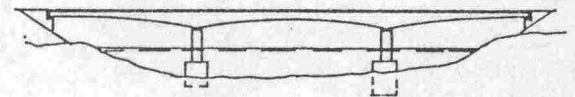
a) jatkuva laattasilta

b) ulokelaattasilta
(tyyppisilta Bul)c) laattakehä
(tyyppisillat Blk,
Blk I ja Blk II)d) rengaskehä
(tyyppisillat Brhe ja TOBI)

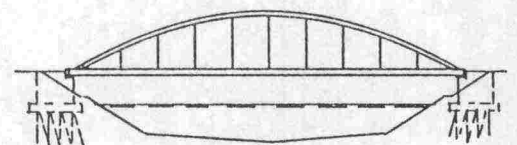
e) putkisola

f) laattaelementtisilta
(tyyppisillat Ble I ja Ble II)g) palkkisilta
(tyyppisillat Jbe I...V,
Tp II ja Plp)

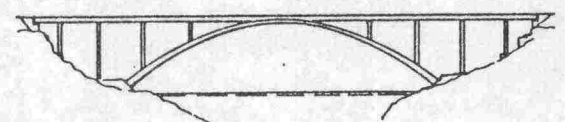
h) jatkuva palkkisilta



i) Langerpalkki



j) kaari tai holvi



Kuva 2. Siltatyyppejä

Tyypit b), e), f), g) ja i) ovat sillan pituussuunnassa staattisesti määrättyjä, jolloin tukien painumisesta syntyvä korkeusero ei aiheuta rasituksia. Näistäkin poikkileikkaukseltaan laatat, useampi kuin kaksipalkkiset arinat sekä kaikki vääntöjäykät kannatinrakenteet saavat rasituksia perustusten kiertymisestä sillan poikkisuunnassa. Tyypit c) ja j) ovat perustusten siirtymille arimpia.

Rakennusmateriaalin perusteella voidaan teräsbetonirakenteita pitää jäykkinä ja raskaina. Toisaalta betonin viruminen ja halkeilu tasaavat ajan myötä perustusten siirtymisestä aiheutuneita rasituksia. Jännitetyt betonirakenteet ovat mittasuhteiltaan edellisiä hoikempia, mutta arempia perustusten siirtymille. Teräsrakenteet sekä teräksen ja betonin muodostamat liittorakenteet ovat notkeampia ja kevyempiä kuin edelliset ja siten perustusten siirtymästä aiheutuu yleensä suhteellisesti pienempiä lisärasituksia.

Perustuksille asetettavat vaatimukset kasvavat myös sillan jännitteen kasvaessa.

3.3

Tyypin valintaan vaikuttavat tekijät

Siltatyypin pyritään valitsemaan siten, että käytön ja ympäristön asettamat vaatimukset voidaan täyttää minimikustannuksilla. Vaikuttavia tekijöitä ovat mm.

a) liikenneväylä sillalla

- kaistojen lukumäärä ja mitat (myös liikennetilan vapaa korkeus)
- kaarevuus ja kallistukset
- tasausviivan tai korkeusviivan muoto ja korkeusasema

b) tilavaraukset sillan alla

- tien tai radan aukea tila
- näkemäetäisyydet
- vesitien tilan tarve
- jalankulkijain tilantarve vesistö sillan alla

- uoman virtausominaisuudet (padotus ja virtausnopeus)
 - ojat ja muut kuivatusjärjestelmät
 - putket, johdot ym. laitteet
- c) ympäristön asettamat vaatimukset
- maisema
 - rakennukset ja laitteet
 - penkereet ja muut maarakenteet
 - korostamisen tai sopeuttamisen tarve
- d) perustamisolosuhteet
- sillan perustaminen
 - penkereiden ja muiden maarakenteiden vakavuus
 - työaikainen ja pysyvä kuivatus
 - apurakenteiden tukeminen
- e) rakentaminen
- kustannukset
 - rakentaminen kahdessa vaiheessa
 - kuljetuskaluston, nosturien ja telineiden käyttömahdollisuudet

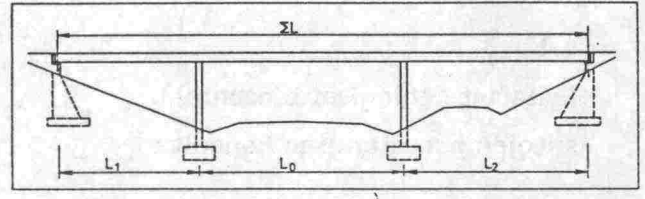
Sillan ja penkereiden rakentamis- ja maankäyttökustannuksista haetaan vaihtoehtojen vertailulla optimia elleivät siltatyypit ja jännepito määräyty muilla perusteilla. Käyttö- ja kunnossapitokustannuksillakin on vaikutusta siltatyyppin valintaan.

3.4

Tukien paikat tavanomaisissa silloissa

Sillan kustannuksiin vaikuttavat merkittävästi kokonaispituus, jännemitta ja jännesuhteet. Jatkuissa silloissa edullinen reunajänteen pituus on n. 80 % keskijänteestä ($L_1 \approx 0,8 \cdot L_0$).

Yksinkertaisista palkeista koostuvassa elementtisillassa ei jännesuhteella ole samaa merkitystä. Elementtien valmistuskustannusten takia edullisin on ratkaisu, jossa kaikki jänteet ovat samanmittaisia.



Kuva 3. Esimerkki sillan jännejaon määräytymisestä

Jos suurin jännemitta tulee määrääväksi, sijoitetaan pilarit lähelle liikennetilan reunaa. Jos taas sillan kokonaispituus on määräävä, voidaan jatkuvan laatta- tai palkkisillan tukien paikkoja arvioida kaavalla $L = (n-0,4) \cdot L_0$, jossa n on jänteiden lukumäärä. Kuvassa 3 jännejako määräytyy lähinnä käytettävissä olevien tukien paikkojen perusteella.

Jännejakoa ja tukien paikkoja määrättäessä on otettava huomioon muitakin seikkoja, mm.

- käytettävissä oleva rakennekorkeus
- tasausviivan tai korkeusviivan korkeus
- maassa olevat esteet
- riittävä työvara varottaviin rakenteisiin ja laitteisiin
- ulkonäköseikat, jännejaon harmonisuus
- paikalliset vaihtelut perustamisolosuhteissa
- rakentamismenetelmät

4.

SILTOJEN PERUSTAMINEN

4.1

Erilaiset geologiset olosuhteet
siltojen perustamisen kannalta

Seuraavassa on esitetty muutamia Suomessa tyypillisiä geologisia muodostumia siltojen perustamisen kannalta. Suomen geologialle on ominaista pienipiirteisyys ja usein esiintyy samalla siltapaikalla jyrkästikin toisistaan poikkeavia perustamisolosuhteita.

- 1) **Moreeni- ja kallioalueet.** Sillat ja penkereet voidaan perustaa moreenin tai kallion varaan. Moreeni- ja kallioalueet ovat tyypillisiä kaikkialla Suomessa.
- 2) **Kitkamaa-alueet.** Useimmat sillat ja kaikki penkereet ovat perustettavissa maanvaraisesti. Kitkamaa-alueita esiintyy eri puolilla Suomea, mutta harvinaisempina kuin esim. moreeni-alueita.
- 3) **Silttipehmeiköt.** Sillat perustetaan yleensä paaluja käyttäen ja penkereet enimmäkseen maanvaraisesti. Penkereiden osalla on erityisten perustamistoimenpiteiden tarvetta lähinnä siltojen välittömässä läheisyydessä. Silttipehmeiköitä tavataan etenkin Sisä-Suomessa.
- 4) **Savi- ja savipehmeiköt.** Lähes kaikki sillat perustetaan savikoilla paaluja käyttäen. Siltoihin liittyvät penkereet edellyttävät lähes poikkeuksetta erityisiä perustamistoimenpiteitä. Savi- ja savipehmeiköitä esiintyy enimmäkseen rannikkoalueella.
- 5) **Suopehmeiköt.** Siltojen ja niihin liittyvien penkereiden perustaminen edellyttää yleensä massanvaihtoa tai paalutusta. Suopehmeiköt ovat yleisiä kaikkialla Suomessa, mutta sillat on useimmiten mahdollista sijoittaa maaperän puolesta edullisemmille paikoille.

4.2

Sillan perustamistavan arviointi

Siltapaikkatutkimusten ohjelmointia varten on pyrittävä yleisen geologisen tietämyksen, kartta-aineiston, maastohavaintojen ja mahdol-

listen aikaisempien pohjatutkimustietojen avulla arvioimaan jo ennakolta sillan todennäköistä perustamistapaa tai kysymykseen tulevia perustamistapavaihtoehtoja, jotta tutkimusmenetelmät osattaisiin tapauskohtaisesti valita mahdollisimman tarkoituksenmukaisella tavalla.

Silta voidaan perustaa maanvaraisesti, jos

- varmuus maapohjan murtumista vastaan (kantokyky) on riittävä
- epätasaiset painumat eivät ole siltarakennetta vahingoittavia
- maanvaraisperustus on toteuttamiskelpoinen ja taloudellisesti edullinen verrattuna paalutukseen

Käytännössä nämä kriteerit täyttyvät yleensä, kun maalaji on

- moreenia tai soraa
- keskitiivistä tai tiivistä hiekkaa

Rajatapauksia ovat mm. seuraavat:

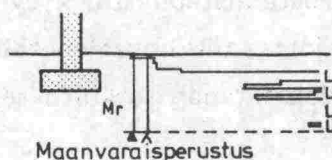
- löyhät hiekat
- tiiviit (kovat) siltit

Rajatapauksissa otetaan huomioon

- maalajin, tiiviiden ja maakerrospaksuuden vaihtelu
- sillan koko ja tyyppi (herkkyys painumavaurioille), vrt. luku 3
- perustustöiden ja kaivannon hankaluus (kaivussyvyys, tuentatarve, pohjavesi, maan häiriintymisvaara, olemassaolevat rakenteet)
- rakennusaikaiset työjärjestyskysymykset.

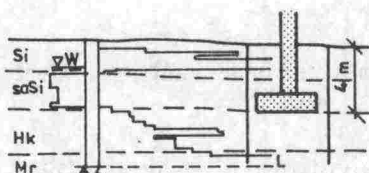
Esimerkkejä tyypillisistä pohjaolosuhteista ja niihin soveltuvista siltojen perustamistavoista on esitetty kuvassa 4.

①



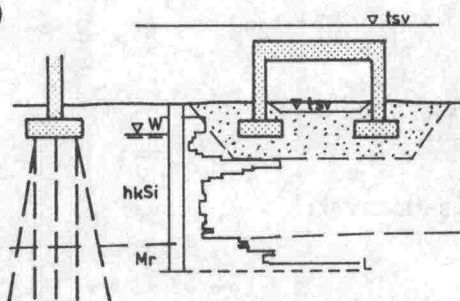
Maanvaraisperustus

③



Maanvarainen perustaminen periaatteessa mahdollinen. Paalutus voi olla edullisempi.

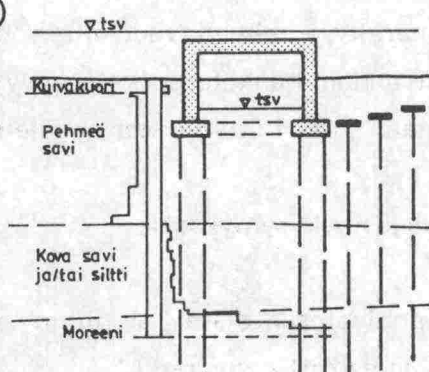
④



Suurelle ja keski-kokoiselle sillalle paaluperustus

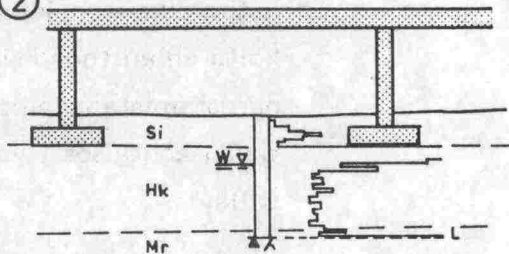
Pienelle kehäsillalle rajatapaus: maanvarainen/paalutus

⑥



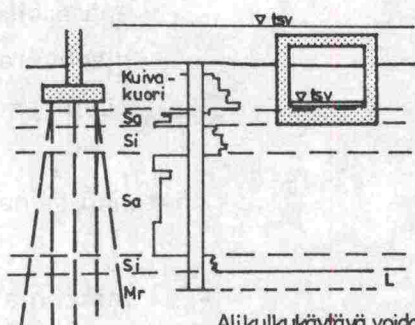
Paaluperustus mille tahansa varsinaiselle siltarakenteelle.

②



Maanvaraisperustus, jos maakerrosten paksuus ja tiiviys eivät oleellisesti vaihtele eri tukien välillä.

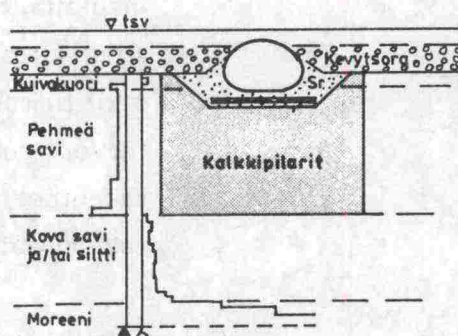
⑤



Suurelle ja keski-kokoiselle sillalle paaluperustus

Alikulkukäytävä voidaan tehdä rengaskehänä maan varaan, jos se voidaan suunnitella painuvaksi yhdessä penkereen kanssa.

⑦



Putkisilta voidaan erikoistoimenpitein perustaa ilman paalutusta painuvaksi yhdessä penkereen kanssa.

Kuva 4. Erilaisia pohjasuhteita ja niihin sopivia siltojen perustamistapoja.

5.

TUTKIMUSMENETELMÄT

5.1

Tavanomaiset tutkimusmenetelmät ja niillä saatava tieto

Taulukossa 1 esitetään tavanomaisia pohjatutkimusmenetelmiä ja niiden käyttöä nimenomaan siltakohteissa tarvittavien maaperätietojen hankkimiseen. Eri menetelmillä saatavan tiedon luotettavuutta on pyritty myös arvioimaan.

Taulukko 1. Siltojen pohjatutkimusmenetelmät

Tutkimus- menetelmä	Saatava tieto														Huom!
	Kallionpinnan sijainti	Maalajiryhmät ja tärkeimmät maakerrosrajat	Maanvaraisen anturan suunnittelu	Lyöntipaalupituus rannikon savipehmeiköillä 1)	Lyöntipaalupituus Sisä-Suomessa	Kitkapaalun kantavuus	Suurpaalun kantavuus kirkkapaaluna	Kallion laatu, helpot tapaukset 2)	Kallion laatu, vaikeat tapaukset 3)	Pohjavedenpinta	Pohjavesivaikkeudet kaivutöissä	Maarakenteiden vakavuus	Maarakenteiden painumat	Telineiden perustaminen	
Tärykairaus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Heijarikairaus	1	1	2	3	3	2	2	0	0	0	0	0	0	1	4)
Painokairaus	1	2	2	2	1	2	1	0	0	1	0	1	1	2	5)
Puristinkairaus	0	2	2	0	0	2	0	0	0	1	0	1	1	2	6) 7)
Porakonekairaus	3	1	*	2	*	0	1	3	1	0	0	0	0	0	
Kallionäytekairaus	3	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	
Siipikairaus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	*	2	
Pohjavesiputki	0	0	*	0	0	*	*	0	0	3	2	*	*	*	
Koekuopat	3	3	0	0	0	0	0	2	0	2	3	0	0	0	8)
Häiriintyneet näytteet	0	3	2	0	0	2	2	0	0	0	2	1	1	1	
Häiriintymättömät näytteet	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	2	

Pisteet

0 ei anna tietoa

1 epävarma tieto tai toissijainen käyttökohde

2 suuntaa-antava

3 luotettava

* ei varsinaisesti vastaa kysymykseen, mutta on tärkeä taustatieto

1) Tukipaalu

2) Esim. kallionvarainen antura tai kaivinpaalu, jonka kuorma tavanomaista luokkaa

3) Esim. kallionvarainen pieniläpimittainen teräspaalu

4) Kovissa maakerroksissa paras menetelmä maakerrosrajojen erottamiseen

5) Kairausvastus saattaa vaihdella konetyypistä riippuen (kairaa kierrettäessä)

6) Soveltuu vain savelle, siltille ja hienolle ja/tai löyhälle hiekalle

7) Huokospainemittauksella varustettuna menee painokairan edelle maarakenteiden vakavuuden likimääräistarkastelussa

8) Rajoitettu syvyys (≤ 4 m). Kallionpinnan toteaminen edellyttää, että kuoppa on riittävän laaja.

Varsinkin alustavissa suunnitteluvaiheissa tehdään tiensuunnittelua varten usein geofysikaalisia tutkimuksia, kuten seismistä luotausta ja maatutkaluotausta. Nämä tutkimukset antavat tällöin myös siltapaikoilta alustavaa tietoa maaperästä. Seisminen luotaus soveltuu kalliopinnan määrittämiseen kitkamaa-alueilla, kun maakerrosten paksuus on vähintään muutama metri. Soveltuvuus on siis paras harjualueilla ja huonompi moreenialueilla, joilla maakerrokset ovat ohuet. Maatutkalla saadaan tietoa maalajirajoista ja kalliopinnan vaihteluista. Molemmat mainitut menetelmät vaativat alustavissakin vaiheissa tuekseen tarkistusluontoisia kairauksia. Nämä kairaukset ovat tavallisimmin porakonekairauksia kalliopinnan varmistamiseksi.

Maakerrosten painumaominaisuuksien määrittämiseksi voidaan käyttää in situ -menetelmiä, kuten ruuvikompressometriä tai pressometriä. Niiden tärkein käyttöalue siltakohteissa ovat hiekat, siltit ja löyhät moreenit, joiden painumaominaisuuksien määrittämiseen kairaukset ovat liian epätarkkoja menetelmiä ja joista ei saada häiriintymättömiä näytteitä laboratoriotutkimuksia varten.

Koekuopat tehdään ja raportoidaan noudattaen soveltuvien osien Talonrakennuksen pohjatutkimusohjetta TPO-83.

Tutkimuksiin kuuluvat oleellisena osana siltapaikalla suoritettavat mittaus- ja vaaitustyöt. Tärkeimpiä ovat tutkittavien pituus-, poikki- ym. leikkausten vaaitukset sekä kartoitustyöt. Mittaustyöt tehdään yhä useammin elektronisella takymetrillä, joka on yhdistetty teodoliitti, etäisyysmittari ja vaaituskoje. Mittaustulosten käsittelyssä käytetään enenevässä määrin graafisia työasemia.

5.2

Kaluston kehityssuuntauksia

Geotekniset maa- ja kalliokairausmenetelmät ovat viime aikoina nopeasti koneellistuneet ja automatisoituneet. 1970-luvulla tulivat käyttöön ensimmäiset maastossa ajoneuvon tavoin liikkuvat monitoimikoneet. Monitoimikoneissa suoritetaan kairaustoiminnot, kuten tankojen alaspainaminen, pyöritys, isku ja nosto, hydraulilla, jota ohjataan vaunun ohjauspulpetista käsin. Nykyisillä monitoimikoneilla

voidaan suorittaa kaikentyyppiset maa- ja kalliokairaukset sekä näytteenotot. Tela-alustainen monitoimikone on käyttökelpoinen usein vaikeassakin maastossa. Monitoimikairauslaitteet voidaan asentaa paitsi niitä varten rakennettuun kairausvaunuun, myös esim. traktoriin tai kuorma-autoon.

Monitoimikairoja käytettäessä ei voida yhtä helposti kuin käsikäyttöisillä kairoilla tehdä ääni- ja tuntohavaintoja. Osaltaan tämänkin takia korostuu maanäytteiden ottamisen tarve koneellista kairauskäytettäessä. Monitoimikoneilla näytteiden ottaminen on myös helpompaa ja nopeampaa kuin aikaisemmalla kalustolla.

Tällä hetkellä kehittelyn alaisena on yhdistetty puristinheijarikairaus, jossa käytetään heijarikairan kärkeä. Samalla kairauskerralla tehdään tankoja maasta nostamatta pehmeiden maakerrosten osalla puristinkairaus ja kovempien maakerrosten osalla kairausa jatketaan normaalina heijarikairauksena. Puristinkairaus poikkeaa tällöin standardisoidusta puristinkairauksesta, mutta heijarikairaus vastaa täysin normaalia standardisoitua heijarikairausa.

Puristinheijarikairauksen etuna on se, että yhdellä kairauskerralla saadaan tietoa maakerrosten ominaisuuksista todennäköiseen lyöntipaalojen tunkeutumissyvyyteen asti.

Siltatutkimuksissa tulevat todennäköisesti aikaisempaa yleisempään käyttöön in situ-tutkimukset painumaominaisuuksien määrittämiseksi. Mikrohydrauliikan ja elektroniikan kehittymisen ansiosta voidaan in situ-kokeet automatisoida, jolloin päästään vielä edullisempiin tutkimuskustannuksiin.

5.3

Porakonekaluston suorituskyky

Porakonekalustoa käytetään, paitsi kallionpinnan määrittämiseen, myös häiriintyneiden maanäytteiden ottamiseen ja pohjavesiputkien asentamiseen. Tiiviissä ja/tai kivisissä maakerroksissa taikka suurissa syvyyksissä viimeksimainitut työt ovat jokseenkin mahdottomia suorittaa muulla kalustolla. Kun lisäksi porakoneella saadaan isom-

pia ja siten edustavampia näytteitä kuin muilla menetelmillä, sitä voidaan pitää parhaana häiriintyneiden näytteiden ottamistapana siltatutkimuksissa.

Porakonekalusto jaetaan kokonsa ja tehokkuutensa puolesta seuraaviin ryhmiin (Suomen Konsulttitoimistojen Liiton SKOL:n kalustoryhmittely vuodelta 1988):

- KEVYT KALUSTO
(porakoneet, joiden vääntömomentti $< 180 \text{ Nm}$, nostovoima $< 10 \text{ kN}$ ja kompressorin teho $< 13 \text{ m}^3/\text{min}$), mm. monitoimikairat, jotka on erikseen parannettu porakonekairauksen osalta ja useimmat erikseen rakennetut hydrauliset porakoneet.
- KESKIRASKAS KALUSTO
(erillispörytyksellä varustetut porakoneet, joiden vääntömomentti $180\ldots 800 \text{ Nm}$, nostovoima $10\ldots 25 \text{ kN}$ ja kompressorin teho $13\ldots 19 \text{ m}^3/\text{min}$), mm. useimmat vanhat paineilma-käyttöiset porakoneet.
- RASKAS KALUSTO
(erillispörytyksellä varustetut porakoneet, joiden vääntömomentti $> 800 \text{ Nm}$, nostovoima $> 25 \text{ kN}$ ja kompressorin teho $> 19 \text{ m}^3/\text{min}$), mm. kaivonporauskoneet (uppoporakoneet).
- KESKIRASKAS KALUSTO, HYDRAULITOIMINEN YKSIKKÖ
(erillispörytyksellä varustetut porakoneet, joiden vääntömomentti $700\ldots 1500 \text{ Nm}$, nostovoima $25\ldots 60 \text{ kN}$, iskuenergia 300 Nm , kompressorin teho $2,5\ldots 5 \text{ m}^3/\text{min}$)
- RASKAS KALUSTO, HYDRAULINEN YKSIKKÖ
(erillispörytyksellä varustetut porakoneet, joiden vääntömomentti $> 1500 \text{ Nm}$, nostovoima $> 50 \text{ kN}$, iskuenergia $> 300 \text{ Nm}$, kompressorin teho $> 5 \text{ m}^3/\text{min}$)

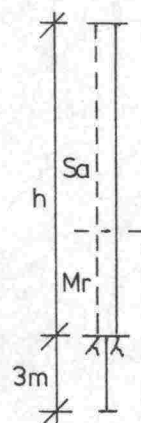
Hydrauliset porakoneet ovat yleistymään päin ja ne korvaavat lähitulevaisuudessa paineilmakäyttöisen kevyen kaluston ja ajan myötä myös keskiraskaan kaluston. Raskas kalusto lienee tulevaisuudessakin paineilmakäyttöistä.

Monitoimikairat, joita käytetään kevytkairausten ohella porauksiin, luokitellaan seuraavasti:

- Sarja A, kevytkairaukset
- Sarja B, porakonekairaus (useimmiten ei täytä em. porakone-luokittelun kevyenkään kaluston vaatimuksia)
- Sarja C, timanttikairaus (mahdollista useimmissa monitoimi-kairoissa)

Porakonekairauksen kustannukset työvuorokaikohden ovat kevyellä kalustolla pienemmät kuin raskaalla. Sitäpaitsi nykyaikainen kevyt porakonekalusto on usein hyvin maastokelpoista, jolloin pisteeltä toiselle siirtyminen on nopeaa. Toisaalta tehokkaan kairaamisen mahdollistamiseksi on valittava kulloisiinkin olosuhteisiin riittävän tehokas kalusto.

Erilaisten porakonekalustojen suorituskyykyä muutamissa erilaisissa maaperäolosuhteissa on arvioitu haastattelemalla kokeneita porareita (Helsingin kaupunki, 1982). Yhteenveto tuloksista on esitetty kuvassa 5.



Porakonekalusto	Ilmahuuhtelu	Vesihuuhdeltu
Kevyt	8 m	14 m
Keskiraskas	13 m	22 m
Raskas	18 m	> 30 m

Mitä alempana pohjavesi on, sitä vaikeampaa on poraus

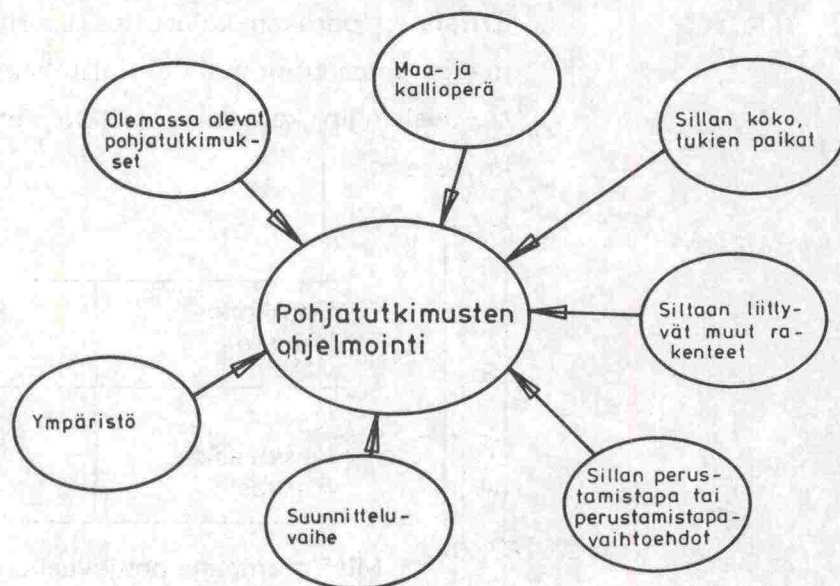
Kuva 5. Maakairaussyvyydet h erilaisella porakonekalustolla. Esitetyt syvyydet eivät ole maksimisyvyyksiä, vaan suuntaa-antavia arvioita syvyyksistä, joissa työn tehokkuuden kannalta on mielekää vaihtaa astetta raskaampaan kalustoon.

6.

POHJATUTKIMUSOHJELMA

Pohjatutkimusten ohjelmointia varten selvitetään seuraavat tiedot (vrt. kuva 6):

- Sillan sijainti
- Sillan todennäköinen tyyppi tai tyyppivaihtoehdot ja todennäköinen jännejako
- Siltapaikalla aikaisemmin tehdyt pohjatutkimukset. Päätetään, missä määrin niitä voidaan hyödyntää uusien tutkimusten rinnalla vai onko ne mahdollisesti jostain syystä katsottava epäluotettaviksi.
- Siltapaikan maaperä ja sillan todennäköinen perustamistapa tai perustamistapavaihtoehdot
- Muut tutkimustarpeeseen vaikuttavat seikat



Kuva 6. Siltapaikan pohjatutkimusten ohjelmointiin vaikuttavat seikat

Ennen tutkimusten aloittamista ja suunnittelun aikana täydentäviä tutkimuksia ohjelmoitaessa tulee geoteknillisen suunnittelijan, sillansuunnittelijan ja tiensuunnittelijan neuvotella em. asioista, jotta kaikkien osapuolten näkökohdat tulevat ohjelmoinnissa huomioonotetuiksi.

Tutkimuspisteet on suositeltavaa esittää sekä kartalla (useimmiten 1:500) että kairausohjelmalomakkeella. Ohjelmalomakkeella pitäisi ilmoittaa ainakin

- hankkeen nimi, sillan nimi
- ohjelman numero ja päiväys
- kunkin pisteen numero
 - sijainti ja sidonta
 - kairauslaji
 - erikoisohjeet kairaussyvyydestä
 - näytteenottomäärät ja -syvydet
- eri pisteiden mahdollinen kiireellisyysjärjestys
- tutkimuspisteet, joiden lopullinen sijoitus ratkaistaan työn aikana (Joskus voidaan esimerkiksi ohjelmoida näytteenotto kairauspisteestä, jossa maakerrokset ovat löyhimmät)
- mahdolliset ohjeet tutkimusten oma-aloitteisesta täydentämisestä
- ohjeet kaapelien yms. selvittämisestä (Suositeltavaa kuitenkin on, että em. asiat selvitetään etukäteen)
- ohje, kuinka paljon pistettä mahdollisesti saa siirtää, jos sen tekeminen ohjelmoidulta kohdalta on kohtuuttoman hankalaa
- ohjeet liikennejärjestelyistä jos työskennellään ajoradalla tai jalkakäytävällä
- ohjeet vaaituksista ja kartoituksista (mukaanluettuna kairauspisteen vaaitus)
- ohjeet ympäristön rakenteiden tarkastamisesta, valokuvauksesta yms.
- ohjeet työnaikaisesta yhteydenpidosta ja tutkimustulosten lähettämisestä.

Pisteiden sidonnalle on kaksi päävaihtoehtoa:

- Koordinaattien käyttö. Tällöin on havainnollisuuden vuoksi syytä ilmoittaa myös pisteiden sijainti tien mitalinjaan nähden. Pisteiden koordinaatit voidaan helposti laskea tietokoneella, kun tunnetaan pisteen sijainti linjaan nähden ja päinvastoin.

- Sidonta mittalinjaan. Tällöin on mahdollisten linjamuutoksista aiheutuvien myöhempien sekaannusten välttämiseksi syytä merkitä kairausohjelmaan käytetyn linjan laskennan päiväys tms. tunnistustieto.

Pohjatutkimusohjelma on syytä toimittaa maastotyönjohtajan lisäksi tarvittaessa sillan- ja tiensuunnittelijalle.

Pohjatutkimusohjelmaa laadittaessa ja tutkimuksia suunniteltaessa on arvioitava paineellisen pohjaveden esiintymismahdollisuuksia ja tarvittaessa varauduttava erikoistoimenpiteisiin vahinkojen varalta. Lähtötietoina tarkasteluissa ovat

- kartat (peruskartat, maaperäkartat)
- vesistöjen, lähteiden ja kaivojen vedenpintojen korkeudet
- yleinen geologinen tieto
- tiedot paineellisen pohjaveden esiintymisestä ko. seudulla.

Pohjavesi voi olla paineellista lähinnä sellaisissa laaksoissa, rinteissä tai jokiuomien muodostamissa syvänteissä, joissa huonosti vettä läpäisevien maakerrosten (esim. saven tai liejun) alapuolella on vettä johtavia maakerroksia, kuten hiekkaa tai soraa. Paineellista pohjavettä esiintyy paikallisesti eri puolilla Suomea, mutta vahinkotapauksia on sattunut lähinnä laaja-alaisilla savikoilla.

Jos paineellista pohjavettä on syytä olettaa esiintyvän, on tutkimuksissa noudatettava seuraavia ohjeita:

- ei jätetä tankoja maahan pitkäksi ajaksi
- nostetaan tangot ylös suhteellisen hitaasti
- käytetään heijarikairauksessa maahan jäävää irtokärkeä
- varaudutaan kairausreikien välittömään tukkimiseen, jos niistä purkautuu vettä.

Vuotokohta voidaan tukkia esim. työntämällä siihen latvapuoli edellä hyvin karsittu, suora puunrunko, joka juntataan mahdollisimman

tiukkaan. Em. toimenpiteen lisäksi vuotokohta voidaan peittää mahdollisimman paksulla vettä läpäisemättömällä maakerroksella. Myös reiän välitön tukkiminen sementillä on joskus ollut tehokasta.

7.

ESISUUNNITTELUVAIHEIDEN POHJATUTKIMUKSET

7.1

Pääsuuntaselvitysvaiheen pohjatutkimukset

7.11 Tavoitteet

Pääsuuntaselvitysvaiheessa tehdään siltakohtaisia pohjatutkimuksia vain erikoistapauksissa. Tällaisia ovat

- suuret vesistösillat (pituus yli 100...150 m), jolloin selvitetään sillan likimääräinen sijainti, likimääräinen pituus ja perustamistöiden vaikeusaste silloin, kun näistä tekijöistä riippuvilla kustannuksilla saattaa olla vaikutusta pääsuunnan valintaan
- hankalat risteilyt ratojen tai muiden liikenneväylien kanssa, lähinnä taajamissa silloin kun
 - alitusvaihtoehto on hyvin kallis ja/tai rakennusteknisesti toteuttamiskelvoton lähinnä pohjavesihankaluuksien tai työnaikaisten raide-liikennejärjestelyjen takia ja
 - ylitysvaihtoehto on esim. kaupunkikuvallisesti soveltumaton ratkaisu eikä siihen haluta myöhemmissä suunnitteluvaiheissa missään tapauksessa joutua.

7.12 Lähtötiedot

Lähtötietoina tutkimuksia ohjelmoitaessa on tavallisesti

- karttamateriaali
 - 1:20 000 peruskartat saatavana koko Suomesta
 - 1:100 000 geologiset kartat saatavana lähinnä Etelä-Suomen alueelta
 - vastaavien alueiden 1:20 000 kenttätyökartoista saatavat kopiot
 - 1:20 000 agrogeologiset kartat saatavana muutamilta alueilta, lähinnä Etelä- ja Länsi-Suomesta
- maastokäynneillä tehdyt havainnot
- jos alueelta on aikaisempia tutkimuksia, ne usein poistavat uusien tutkimusten tarpeen

7.13 Tutkimusten määrä ja laatu

Yleensä tutkimuksia tehdään vain orientoivina pehmeikkötutkimuksina, jotka palvelevat tien linjauksen hakemista.

Jos siltakohtaisia pohjatutkimuksia tehdään, sopiva määrä on

- vesistösilloille pohjan luotaus ja muutama orientoiva painokairaus
- alikulkusilloille orientoivien painokairausten lisäksi esim. yksi näytepiste ja pohjavesiputki

7.2

Yleissuunnitteluvaiheen pohjatutkimukset

7.21 Tavoitteet

Yleissuunnitteluvaiheen maaperätutkimuksilla pyritään lähinnä suurten ja keskikokoisten siltojen osalta

- tekemään ylitys/alitus -vertailut sellaisella luotettavuudella, ettei ko. periaateratkaisuja jouduta myöhemmin muuttamaan
- valitsemaan siltapaikat perustamisolosuhteiltaan mahdollisimman edullisiksi

- määrittämään sillan likimääräinen pituus myös maaperäolosuhteet huomioon ottaen
- saamaan yleiskäsitys sillan perustamistöiden vaikeusasteesta, joka voidaan jaotella helposta vaikeaan esimerkiksi seuraavasti: maanvarainen/paaluperustus/vaikea erikoistyö (esim. syvä vesi tai vaikea paalutus)
- tekemään periaateratkaisut vanhojen siltojen mahdollisesta hyväksikäyttämisestä sellaisinaan tai vahvistettuina

7.22 Lähtötiedot

Lähtötietoina tutkimusohjelman laatimisessa ovat tavallisesti

- karttamateriaali, esim. 1:2000 kartat
- maastokäynti, joka on erittäin tärkeä
- aikaisemmat tutkimustulokset, jotka antavat ennakkokäsityksen maaperästä ja joita voidaan soveltuvin osin hyödyntää, jos ne eivät ole liian vanhoja ja nykyisistä standardeista poikkeavasti tehtyjä.

7.23 Tutkimusten määrä ja laatu

Yleissuunnitteluvaiheen maaperätutkimuksia ei yleensä nimitetä vielä siltapaikkatutkimuksiksi, vaan tällöin tehdään lähinnä tieteknisiä perusratkaisuja palvelevia tutkimuksia, joista osa pyritään sijoittamaan mahdollisille siltapaikoille.

Hyvänä tavoitteena voidaan pitää, että yleissuunnitteluvaiheessa pyritään jokaisen siltapaikan maaperäolosuhteita arvioimaan ainakin kahden painokairauksen perusteella. Tämä saattaa joskus olla tarpeetonta, jos maastokäynnin ja geologisen tiedon perusteella ollaan jokseenkin varmoja sillan perustamistöiden vaikeusasteesta.

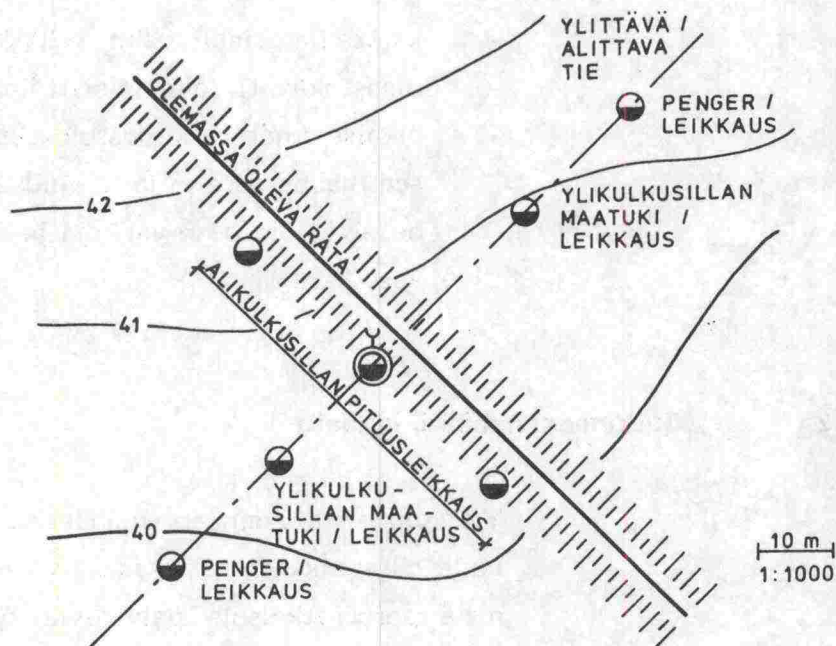
Seuraavassa esitetään muutamia tapauksia, joissa on aihetta tutkimusten tavallista tarkempaan siltakohtaiseen ohjelmointiin.

Ylitys/alitus -vertailut

Maaperätutkimuksilla selvitetään risteävien väylien perustamistapakysymykset riittävän pitkällä matkalla siltapaikan molemmiin puolin (ks. kuva 7).

Ajatellulle siltapaikalle pyritään sijoittamaan esim. 3-4 painokairausta. Tiiviissä ja kivisissä maissa tehdään niiden sijasta heijarikairauksia. Alitusta silmälläpitäen on tärkeää ottaa siltapaikalta syväälle ulotettavat maanäytteet vähintään yhdestä pisteestä ja selvittää pohjavedenpinnan sijainti. Pohjavedenpinta määritetään luotettavimmin pohjavesiputkella (vrt. myös kohta 9.1).

Mikäli olosuhteet alittavan väylän leikkausosuudella vaihtelevat, on näytepisteiden ja pohjavesiputkien määrää syytä lisätä.



Kuva 7. Esimerkki ylitys / alitus-vertailua varten yleissuunnitelma-vaiheessa tehtävistä pohjatutkimuksista.

Siltapaikan valinta ja sillan pituuden määrittäminen

Tutkimukset tehdään lähinnä painokairauksina, joiden määrä ja tiheys vaihtelee tapauskohtaisesti.

Kun sillan pituutta määritetään, on pehmeiköllä tehtävä painokai-
rausten lisäksi tapauskohtaisesti harkittava määrä mm. siipikairauk-
sia, jotta saadaan selville penkereen perustamiskustannukset sillan
jatkamisen kustannuksiin verrattuna.

8.

SILTAPAIKAN VALINTATUTKIMUKSET

Siltapaikan valintaan tähtäävien tutkimusten tavoitteena on löytää
sillalle maaperän puolesta edullinen sijainti silloin kun maaperäteki-
jöillä on vaikutusta siltapaikan valintaan. Tutkimuksilla tulee sel-
vittää maaperäolosuhteet niin luotettavasti, ettei myöhemmissä
vaiheissa tule yllättävistä olosuhteista aiheutuvaa perustamistavan
muutostarvetta.

Siltapaikan valintatutkimukset kuuluvat tiensuunnitteluhankkeessa
yleensä tiesuunnitelmavaiheen alkupuolelle.

Neuvotteluissa tiensuunnittelijan kanssa selvitetään kunkin sillan
sijainnin mahdollinen liikkumavara. On huomattava, että siltapaikan
valinta riippuu, paitsi itse sillan perustamisolosuhteista, myös mm.
siltaan liittyvien penkereiden kustannuksista taikka alikulkusiltojen
ja -käytävien ollessa kyseessä niiden aiheuttamasta pohjavedenpin-
nan alenemisesta ja mahdollisista painumavaurioista siltapaikan
ympäristössä.

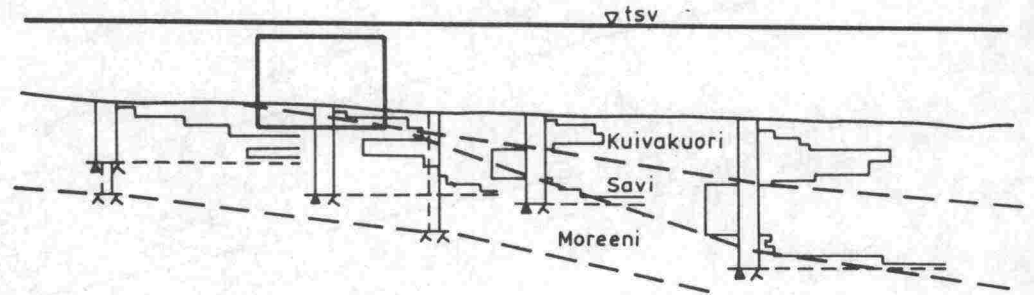
Siltapaikan valintatutkimusten sopiva tiheys esim. alikulkukäytävän
tai pienehkön risteys sillan tapauksessa on järjestelmällinen keskilin-
jatutkimus 10 m välein ja poikkileikkaukset 20 m välein. Jyrkästi
muuttuvissa pohjaolosuhteissa suurempikin tiheys voi olla paikallaan.
Tutkimustavan valinta on tapauskohtainen. Muutamia tyypillisiä
tilanteita ovat seuraavat:

- Etsitään pehmeikön reuna-alueelta paikkaa, johon silta voitai-
siin perustaa maanvaraisesti. Sopiva tutkimustapa on paino-
kairaus, mielellään heijarikairauksella täydennettynä (ks. ku-
vat 8 ja 9). Koska pehmeikköjen reuna-alueilla maakerrosten
kaltevuudet ovat suuria, on tärkeää varmistua riittävin poikki-

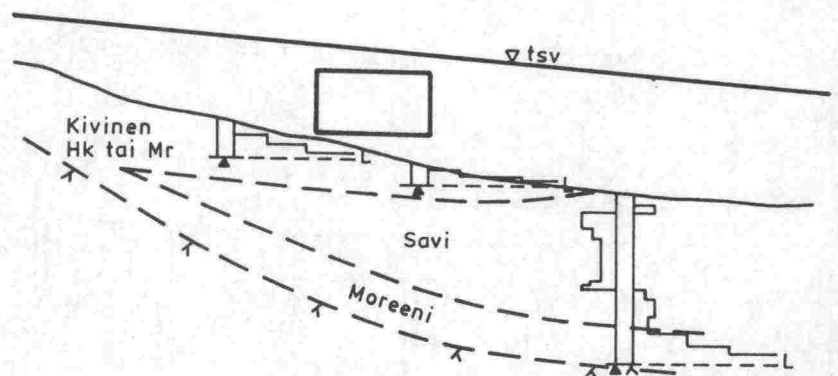
leikkaustutkimuksin siitä, ettei maanvaraisratkaisu johda millään siltapaikan kohdalla kohtuuttomiin kaivantotöihin.

Kaivantotöihin ja ympäristöriskeihin ratkaisevasti vaikuttava pohjavedenpinta on myös selvitettävä.

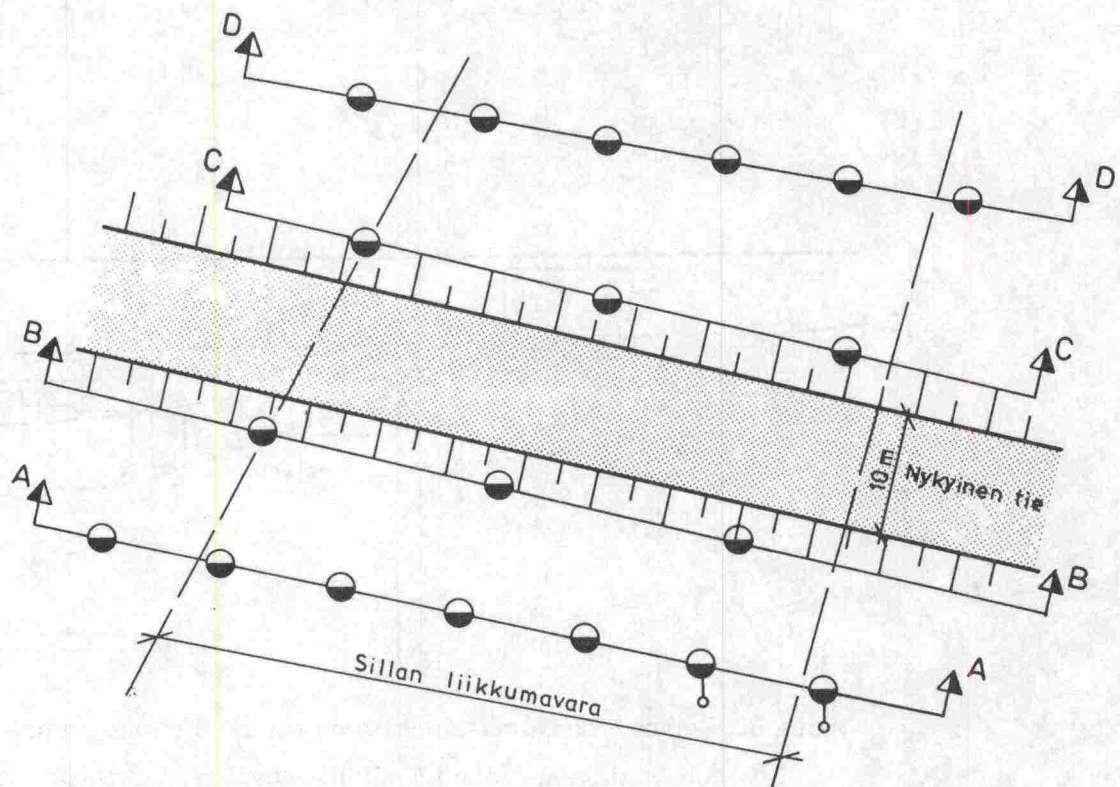
- Paaluilla perustettava silta. Painokairauksilla saadaan näissä tapauksissa yleensä riittävä, suuntaa-antava tieto paalupituudesta sekä myös suuntaa-antavaa tietoa penkereiden perustamisesta. Myös puristinheijarikairaus tulee kysymykseen tutkimusmenetelmänä. Kuva 10 esittää tapausta, jossa silta pyritään sijoittamaan paalupituuden puolesta edullisesti ja toinen maatuki saamaan maanvaraisesti perustettavaksi.
- Suuri silta, jossa jännemitat ja tukien paikat eivät suoraan määräydy ylitettävän esteen perusteella, vaan voivat riippua mm. maaperäolosuhteista. Sopiva yleismenetelmä tukien edullisen paikan hakemiseksi on lähinnä painokairaus. Sopiva tutkimustiheys normaalitapauksessa on keskilinjatutkimus 20 m välein, kaksiajorataisilla silloilla molemmilta ajoradoilta erikseen.



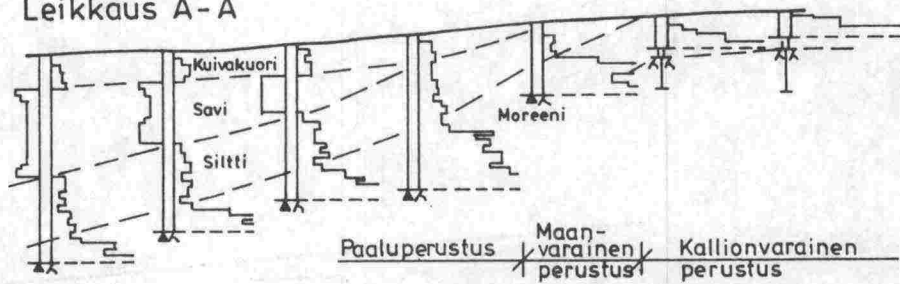
Kuva 8. Pehmeikön reuna-alueelta on etsitty lähinnä painokairauksin paikkaa, johon alikulkukäytävä voitaisiin perustaa maanvaraisesti erillisillä anturoilla.



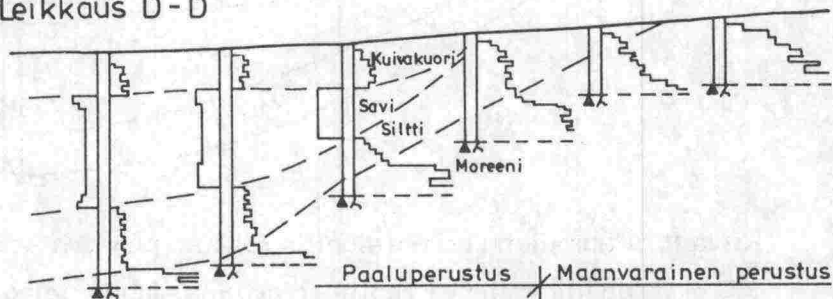
Kuva 9. Pehmeikön reuna-alueilla saattaa pehmeiden maakerrosten päällä esiintyä rantakerrostuma, johon painokairaukset pysähtyvät. Tällöin voidaan saada harhaanjohtava kuva sillan perustamistavasta. Maakerrosjärjestyksen voi varmistaa porakonekairauksella. Myös heijarikairaus on parempi kivisten kerrosten läpäisemisessä kuin painokairaus. Nämä varmistustoimenpiteet on tehtävä viimeistään tiesuunnitelma-vaiheessa.



Leikkaus A-A



Leikkaus D-D



Kuva 10. Esimerkki siltapaikan valintatutkimuksesta tiesuunnitelma-
vaiheessa. Tässä kysymyksessä risteyssilta, jonka paikan
valinnassa on n. 20 m liikkumavara.

YKSITYISKOHTAISET TUTKIMUKSET

Yleistä

Kun siltapaikka on määrätty ja ryhdytään tekemään rakennussuunnitelmia suoritetaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa sillan yksityiskohtaiset pohjatutkimukset. Tavoitteena on selvittää sillan perustamisolosuhteet tukikohtaisesti siten, että perustamistyöt voidaan toteuttaa riskittä. Yksityiskohtaisten tutkimusten määrä ja laajuus riippuvat paitsi pohjasuhteista myös sillan koosta ja suunnitellusta perustamistavasta.

Yksityiskohtaiset tutkimukset toteutetaan vaiheittain. Tutkimukset pyritään tekemään mahdollisimman kattavasti heti ensimmäisessä vaiheessa. Mahdollisen toisen vaiheen tutkimuksien tarkoitus on lähinnä tarkentaa siihen mennessä suunniteltujen ratkaisujen määrätietoja.

Jos siltapaikalla ei ole aikaisemmin tehty pohjatutkimuksia eikä sillan tukien todennäköisestä perustamistavasta ole selvää käsitystä yksityiskohtaisten tutkimusten ohjelmointia varten, on syytä aloittaa tutkimukset seuraavasti:

- sillan tukien kohdalta n. 2 painokairaus/tuki
- pehmeiköillä lisäksi n. 1 siipikairaus / 2 tukea

Yksityiskohtaisiin tutkimuksiin kuuluvat tärkeänä osana vaaitus- ja kartoitustyöt. Niitä käsitellään kohdissa 9.6 ja 11.1.

Seuraavassa esitetään eri tavalla perustettavien siltojen pohjatutkimuksia. Tutkimusohjeet on esitetty tukikohtaisesti, koska saman sillan eri tuet voidaan joutua perustamaan eri tavalla, mikä on ohjelmoinnissa otettava huomioon.

9.1

Maanvaraisperustus

Maanvaraisperustuksen vaatimat yksityiskohtaiset pohjatutkimukset pyritään yleensä tekemään yhdellä kertaa.

Kun silta tai sillan tuki on kaavailtu perustettavaksi maanvaraisena ja yksityiskohtaiset pohjatutkimukset aloitetaan, haetaan vastauksia lähinnä seuraaviin kysymyksiin:

- Mistä tasosta alkaa maakerros, jonka varaan silta voidaan perustaa? Vaihtoehtoisia maakerroksia voi joskus olla useampia.
- Mitkä ovat tämän kerroksen lujuus- ja painumaominaisuudet?
- Onko suunnitellun perustamistason alapuolella maalaji-, tiiviys- tai paksuusvaihteluita, jotka aiheuttavat epätasaisten painumien vaaraa joko tuen sivusuunnassa tai eri tukien välillä?
- Onko kallio häiritsevän lähellä suunniteltua perustamistasoa, toisin sanoen
 - a) joudutaanko tuki ulottamaan sittenkin kallioon tai louhimaan osa kalliosta pois, jotta koko tuki saadaan maanvaraiseksi?
 - b) aiheuttaako kallion syvyyden vaihtelu (maakerrosten paksuuden vaihtelu) epätasaisen painuman vaaran?
- Onko maa routivaa
- Onko peruskaivannon tekeminen hankalaa (ks. kohta 9.43).

Kun maaperä on tiivistä tai keskitiivistä moreenia, tärkeimpiä ovat tiedot moreenikerroksen yläpinnan korkeustasosta ja kallionpinnasta. Kitkamaalla ja löyhällä moreenilla myös lujuus- ja painumaominaisuudet ja niiden vaihtelu ovat tärkeitä. Mitä löyhempiin ja/tai

hienorakeisempiin kitkamaihin mennään, sitä oleellisemmaksi tulee lujuus- ja painumaominaisuuksien tarkka määrittäminen.

Täytteen varainen perustaminen on maanvaraisen perustamisen erikoistapaus. Täytteen varaisesta perustamisesta voidaan tässä lyhyesti todeta, että erityisesti tieto perustamiseen kelpaavan maakerroksen yläpinnan korkeustasosta on yhtä tärkeä kuin tavanomaisen maanvaraisen perustamisen tapauksessa.

Maakerrosrajat selvitetään parhaiten paino- tai heijarikairauksin.

Maakerrosten lujuus- ja painumaominaisuuksista ja niiden vaihteiluista saadaan useimmiten riittävä tieto kairauksilla ja näytteenotolla. Yleensä käytetään vähintään kahta eri kairausmenetelmää, tavallisesti paino- ja heijarikairausta. Niissä maalajeissa, joissa puristinkairaus on sopiva menetelmä (siltit, löyhät ja/tai hienot hiekat), maanvarainen perustaminen vaatii aina siinä määrin tarkkoja tutkimuksia, että puristinkairaus tulee pikemminkin em. menetelmien täydennykseksi kuin syrjäyttämään niistä kumpaakaan täysin. Kivisissä moreeneissa, joissa painokairan tunkeutuvuus on huono eli ei päästä perustamistason alapuolelle, ei kannata tehdä painokairauksia, vaan käyttää lähinnä heijarikairausta moreenin tiiviiden arviointiin. Erityisen kivisessä ja lohkarisessa moreenissa, jossa heijarikairankin tunkeutuvuus on liian huono, voidaan joutua turvautumaan lähinnä porakonekairaukseen. Tällöin saadaan poraajan arvio maalajista, mutta tiiviiden arviointi on epävarmaa. Tällöinkin on jokaisen tuen kohdalla edes yritettävä heijarikairausta.

Maalaji määritetään näytteenotolla. Näytteenottoa koskevinä suosituksina voidaan esittää:

- Yleensä yksi näytteenottopiste sillan tukea kohti.
- Jos maaperä on tiivistä tai keskitiivistä moreenia, riittää pienillä ja keskikokoisilla silloilla kaksi näytepistettä siltää kohti. Näytepisteet on tällöin syytä sijoittaa maatumien paikalle.
- Näytteet otetaan porakoneella.

- Näytteet otetaan 1 m välein joka pisteestä useimmiten niin syvälle kuin päästään. Jos näytteenotto-syvyydet ovat erityisen suuria, on harkittava geoteknistä asiantuntemusta käyttäen näytteenottotarve yli 10 m syvyydeltä. Jokaisella siltapaikalla pitää näytteenotto ainakin yhdessä pisteessä ulottaa niin syvälle kuin suinkin päästään.

Näytteistä tutkitaan laboratoriossa ainakin

- maalaji silmämääräisesti kaikista
- vesipitoisuus kaikista
- rakeisuusanalyysi vähintään joka kolmannelta tai joka toisesta näytteestä riippuen silmämääräisen havainnon luotettavuudesta ja maanäytteiden tasalaatuisuudesta.

Tarvittaessa suunnittelijan on määrättävä näytteet säilytettäväksi mahdollisia lisätutkimuksia varten.

Tieto pohjavedenpinnan sijainnista tarvitaan

- peruskaivannon suunnittelua varten
- kantokyky- ja painumalaskelmien lähtötiedoksi
- erikoistapauksissa routasuojauksen suunnittelua varten

Pohjavesiputkia tarvitaan yleensä yksi tai kaksi siltapaikkaa kohti sillan pituudesta riippuen. Pohjavesiputket asennetaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta pohjavedenpinnan vaihtelua ehditään seurata.

Ilman siltakohtaisia pohjavesiputkia tullaan toimeen, jos pohjavedenpinnan sijainti voidaan päätellä muista lähistöllä olevista pohjavesiputkista, kaivoista tms. riittävällä tarkkuudella tai on ilmeistä, ettei pohjavesi hankaloita perustamistöitä eikä pohjavedenpinnan sijainti ole oleellinen tieto maanvaraisen anturan suunnittelussa. Tällaisia tilanteita ovat

- harjualueilla (ei alavilla lievealueilla) sijaitsevat sillat, kun yleisen geologisen tiedon perusteella tiedetään pohjaveden olevan syvällä

- korkeilla maastonkohdilla sijaitsevat sillat, kun pohjavedellä ei käytännössä ole valuma-aluetta, esim. kallioinen moreeni-maasto

Pohjavedenpinnan normaalin vaihteluvälin alaraja on joskus todettavissa kairausvastuksen äkillisenä pienenemisenä. Tämä ei kuitenkaan anna tietoa keskimääräisestä eikä korkeimmasta pohjavedenpinnasta eikä myöskään paineellisen pohjaveden esiintymisestä.

Kallionpinnan tarkistamisen tarpeesta voidaan esittää suosituksina:

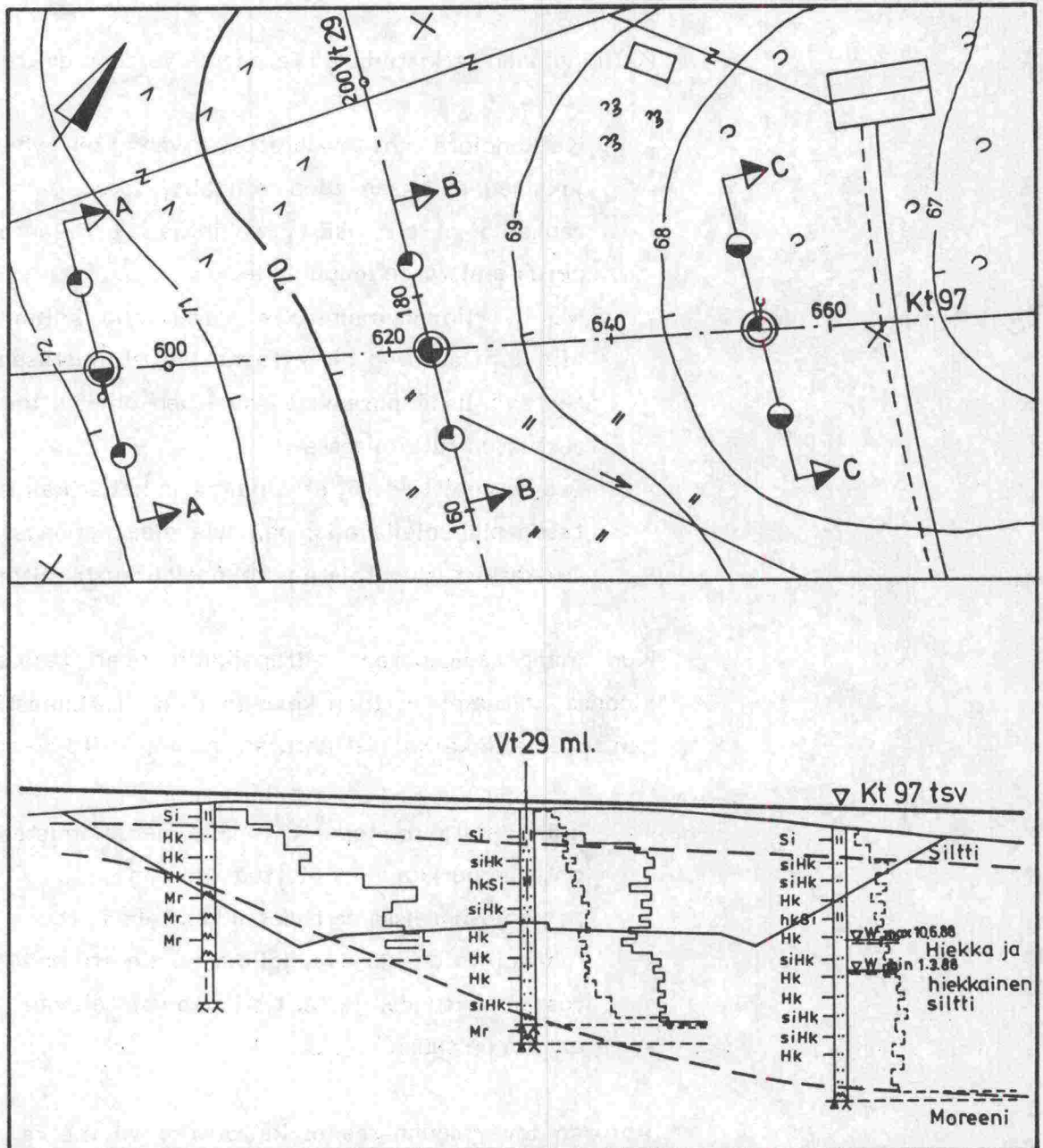
- Kallionpinta on tarkistettava vähintään yhdellä porauksella jokaisen sellaisen tuen kohdalla, jossa paino- ja heijarikairauksilla ei ole päästy vähintään 1 m anturan oletettavan perustamistason alapuolelle
- Mikäli viimeksimainitulla porauksella kallionpinta havaitaan alle 1 m anturan oletettavan perustamistason alapuolella, on tehtävä lisää porauksia soveltaen ohjeita kallionvaraisen perustuksen tutkimisesta
- Jos on pelättävissä, että paino- ja heijarikairausten päättymistason alapuolella olisi painuvia maakerroksia, on syytä tehdä 1-2 tarkistusluontoista porakonekairausta siltapaikalla.

Kun maaperäolosuhteet siltapaikalla ovat tasalaatuiset, riittää yleensä kairaaminen tuen keskilinjalta. Tutkimustiheyden lisääminen tekemällä kairaukset anturan reunalinjoilta on aiheellista, kun

- kallionpinta on todettu lähellä perustamistasoa, jolloin jokin anturan nurkka voisi ulottua kallioon
- pohjaolosuhteissa on todettu vaihtelevuutta
- maanpinta on kalteva, jolloin on aihetta epäillä myös maakerrosten paksuuden ja/tai tiiviyyden vaihtelevan
- antura on suuri.

Anturan leveyssuunnassa ei kairausten välimatka yleensä saa olla suurempi kuin 10 m. Vaihtelevissa pohjaolosuhteissa kairaukset tehdään tiheämmin. Vain harvoin on tarpeen sijoittaa tukilinjauloimpia kairauksia anturan ulkopuolelle.

Kuvassa 11 esitetään edellä selostettujen periaatteiden mukaan ohjelmoidut maanvaraisen ulokelaattasillan pohjatutkimukset. Kuvista 18-20 käyvät ilmi maanvaraisen alikulkukäytävän pohjatutkimukset ja niiden esitystapa.

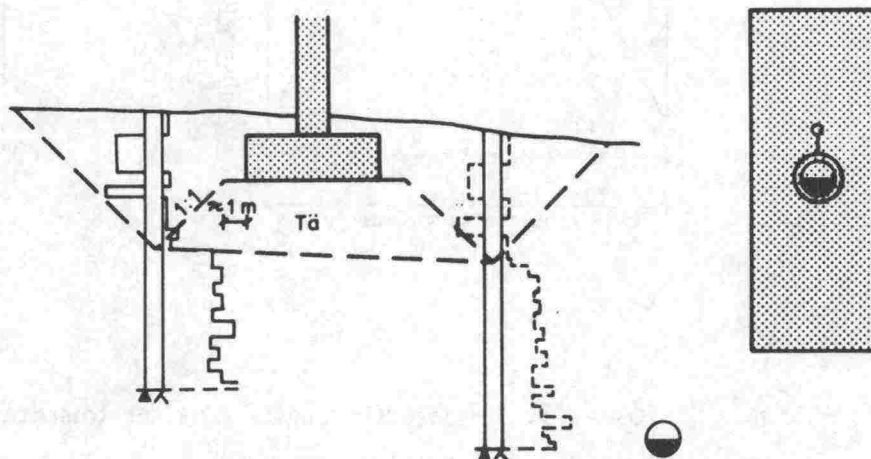


Kuva 11. Esimerkki maanvaraisesti perustettavan risteyssillan (ulokelaattasillan) edellyttämistä pohjatutkimuksista

Täytteen varainen perustaminen

Täytteen varaisen perustamisen vaatimat pohjatutkimukset ovat suuressa määrin samankaltaiset kuin maanvaraisperustuksen tutkimukset. Erikoispiirteitä ovat:

- Yleensä ei tukilinjan kohdalla kairaaminen riitä, vaan kairaukset on pyrittävä sijoittamaan tulevan täytön kulmapisteiden kohdille (kuva 12).
- Massanvaihtokaivantojen vaatimat tutkimukset ovat usein olennaisia (ks. kohta 9.43).

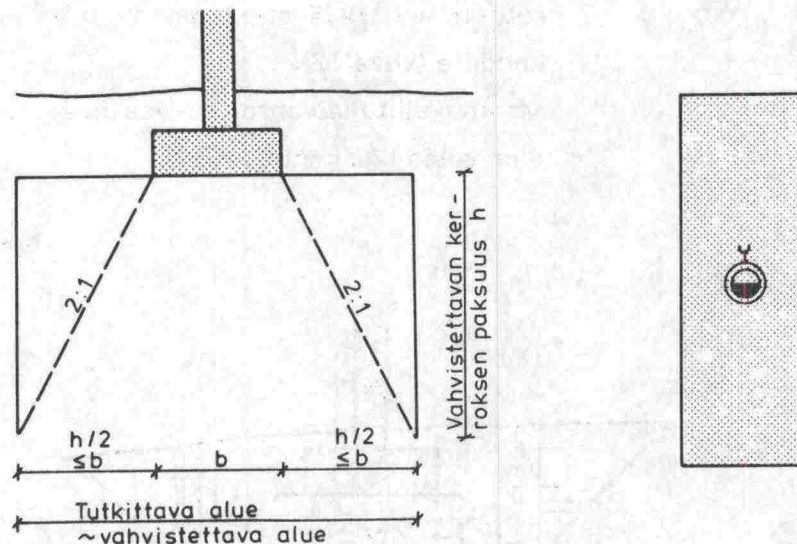


Kuva 12. Pohjatutkimusten ohjelmointiperiaatteita täytteen varaista perustamista ajatellen.

Pudotustiivistys tms. maanvaraisperustamisen erikoisratkaisut

Maapohjan kantavuusominaisuuksia voidaan joissain tapauksissa parantaa ja näin maanvaraisperustaminen tehdä mahdolliseksi erikoismenetelmillä, kuten pudotustiivistyksellä, tiivistyspaalutuksella jne. Näiden erikoisratkaisujen vaatimat pohjatutkimukset ovat periaatteessa samankaltaiset kuin maanvaraisperustuksen tutkimukset. Erikoispiirteinä on kuitenkin:

- Näytetiedot ja pohjavedenpinnan selvittäminen ovat tavallistakin tärkeämpiä
- Kairauksia ei kannata keskittää tukilinjoille, vaan hiukan laajemmalle alueelle (kuva 13).



Kuva 13. Pudotustiivistystä tms. erikoisratkaisua käyttäen perustettavan tuen tutkimusperiaate.

9.2

Kallionvarainen perustaminen

Kun sillan tuki on kaavailtu perustettavaksi yhtenäistä anturaa tai pilareita käyttäen kalliolle, tutkimuksilla etsitään lähinnä tietoa kallionpinnan sijainnista, sillä

- "liian ylhäällä" oleva kallio aiheuttaa louhinnan tarvetta
- "liian alhaalla" oleva kallio aiheuttaa odotettua syvemmän kaivannon tarvetta ja voi johtaa jopa perustamistavan muuttamiseen työn aikana
- kalteva kallionpinta voi aiheuttaa perustuksen liukumisvaaraa.

Siltä varalta, että kallio onkin yllättävän syvällä, tulee varmistaa, että maanvaraisen perustuksen suunnittelua varten on riittävät tutkimukset eikä tehdä tutkimuksia suoraan pelkän kallionvaraisen perustamisen kannalta. Myös maan kaivuvaikeuden arvioimisen kannalta on tarpeen tehdä jokaisen kallion varaan perustettavan tuen kohdalta vähintään yksi paino- tai heijarikairaus sekä kiinnittää porakonekairauksissa huomiota lohkaraisiin ja kirjata kaikki läpi-poratut lohkareet, kuten kaikissa muissakin porauksissa.

Kun kallionpinta varmistetaan porakonekairauksella, saadaan samalla suuntaa-antava ja yleensä riittävä tieto kallion laadusta. Suomen olosuhteissa on hyvin harvinaista, että kallion huono laatu vaikuttaisi kallionvaraisten anturoiden tai pilarien suunnitteluun.

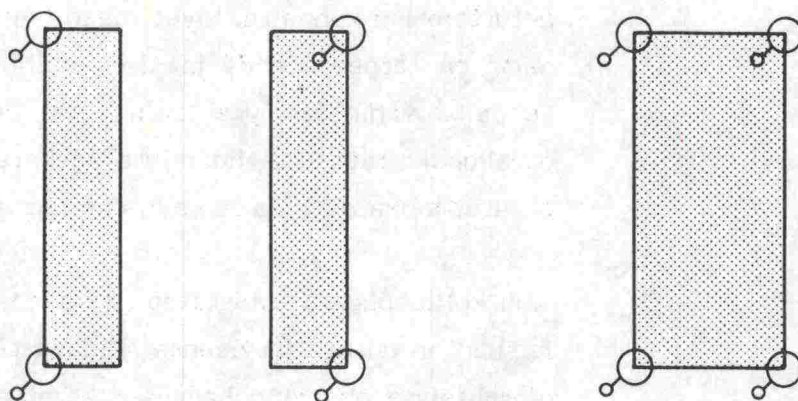
Jos silta tulee perustettavaksi kallioluiskan varaan, on kallion laatuun kiinnitettävä tavallista enemmän huomiota. Kallioon ulottuvien varmistusporausten aika-tunkeutumahavaintojen perusteella ratkaistaan tarkempien tutkimusten, kuten kallionäytekairauksen, tarpeellisuus. Kallionpinnan muodon tarkastaminen ja kallion laadun silmä-määräinen arviointi rakennusvaiheessa on erittäin tärkeää.

Yleensä sopiva tutkimustiheys tukilinjalla on poraukset noin viiden metrin välein.

Jos anturan pituus on alle 8 metriä, voidaan tyytyä porauksiin anturan päistä, jos

- anturan päistä tehdyissä porauksissa kallionpinta on jokseenkin sama
- maanpinta on tasainen

Jos anturan leveys ylittää 3 m, on aihetta tutkia kallionpinnan kulkua myös anturan leveyssuunnassa, ks. kuva 14. Tämänlaatuiset tarkistukset kannattaa yleensä tehdä sitten, kun tukien paikat ovat varmasti selvillä ja anturoiden leveys on mitoitettu.



Pieni kehäsilta

Leveä antura

Kuva 14. Esimerkkejä kallionpinnan tutkimistarkkuudesta

Vaihtoehtoinen tutkimustapa porakonekairaukselle on koekuoppa, joka tavallisesti kaivetaan traktorikaivurilla. Jotta koekuoppa antaisi luotettavan tiedon kallionpinnan sijainnista, kuopan on oltava riittävän laaja sen toteamiseksi, onko kysymyksessä kallio vai kivi. Jos kallio on lähellä maanpintaa (alle 2 m syvyydellä), koekuoppa on hyvin kilpailukykyinen menetelmä.

9.3

Paaluperustus

Yleistä

Kun sillan tuki on kaavailtu perustettavaksi paaluilla, yksityiskohtaisilla pohjatutkimuksilla haetaan vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Mikä on tukipaaluna toimivan lyöntipaalun pituus?
- Onko mahdollisuuksia kitkapaaluna toimivien lyöntipaalujen käyttöön?
- Mikä on kallionvaraisen kaivinpaalun pituus?

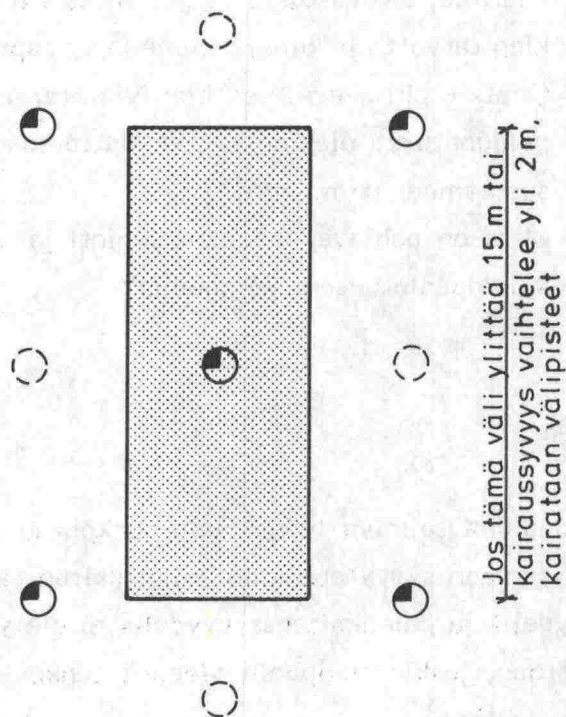
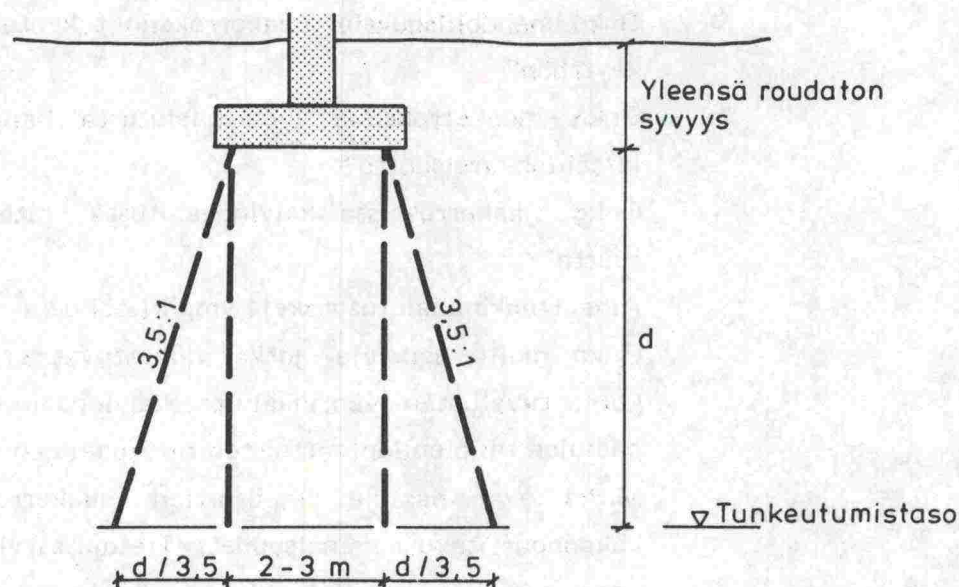
- Onko mahdollisuuksia maakerrokseen tukeutuvan kaivinpaalun käyttöön?
- Onko maakerroksissa lyöntipaalutusta haittaavaa tiiviyttä ja/tai lohkaraisuutta?
- Onko maakerroksissa kaivinpaalutusta haittaavaa lohkaraisuutta?
- Aiheuttaako paalutus riskejä ympäristölle?
- Onko muita seikkoja, jotka vaikuttavat erilaisten paalujen kuten tavallisten lyöntipaalujen, kaivinpaalujen, muiden suurpaalujen tai pieniläpimittaisten teräspaalujen valintaan?
- Mitkä ovat paaluja ympäröivien maakerrosten lujuus- ja kokoonpuristuvuusominaisuudet. Tietoja tarvitaan, kun arvioidaan paaluille mahdollisesti tulevia toispuolisia maanpaine-kuormia, sivuvastusta, negatiivista vaippahankausta, kalliokärkien tarvetta ja kaivinpaalujen vaippaputkien tarvetta.
- Ovatko pintakerrokset routivia, ts. joudutaanko mahdolliset paaluanturat ulottamaan roudattomaan syvyyteen tai routasuojaamaan ne muuten?
- Mikä on pohjavedenpinnan sijainti ja miten se vaikuttaa mm. kaivinpaalutuksen työtapoihin?

9.31

Lyöntipaalun pituus tukipaaluna

Tukipaaluna toimiva lyöntipaalu tunkeutuu melko hyvällä tarkkuudella samaan syvyyteen kuin heijarikairan tanko. Tukipaalun lyöntisyvyydellä ja painokairaussyvyydellä ei ole yhtä selvää riippuvuutta toisistaan, joskin tukipaalu yleensä tunkeutuu vähintään painokairaussyvyyteen.

On tosin selvää, ettei painokairauksen perusteella arvioitu paalupituus voi kovin paljon poiketa totuudesta sillon kun pehmeiden maakerrosten alla on ohut moreenikerros ja sen alla kallio. Tällaiset pohjasuhteet ovat tavallisia rannikon savipehmeiköillä. Siellä missä esiintyy paksumpia moreeni- ja/tai kitkamaakerroksia tai maakerrosten tiiviys pienenee alaspäin mentäessä, painokairaukseen turvautuminen voi johtaa huomattaviin virheisiin paalupituuden määrittämisessä. Tällaisissa olosuhteissa ja suurissa lyöntipaalutuskoh-teissa muutenkin kannattaa paalupituusriskien pienentämiseksi porakonekairauksin määrittää lyöntipaalujen maksimipituus.



Jos tämä väli ylittää
13 m tai kairaussyvyys
vaihtelee yli 2 m, kaira-
taan välipisteet

Kuva 15. Lyöntipaalutettavan tuen tutkimustiheys

Kuvassa 15 on esitetty lyöntipaalutettavan tuen suositeltava heijarikairaustiheys. Jos paalukentän alueelta on muita tarkoituksia varten tehty paino-ja/tai porakonekairauksia, ne voidaan ottaa huomioon heijarikairausten tihentämistarvetta vähentävinä, jos pohjaolosuhteet ovat sellaiset, että ko. tiedoista on hyötyä paalupituuden arvioinnissa (paalut tukeutuvat ohueen moreenikerrokseen).

Vielä suurempaan tutkimustiheyteen on aihetta seuraavissa tapauksissa:

- vaihtelevat olosuhteet: saman tuen alueella heijarikairausvyvyys on erityisen vaihteleva
- lyhyiden paalujen vaara
- kalliokärkien tarpeen määrittäminen, kun paalut saattavat tukeutua vinoon kallionpintaan tai vinot paalut myös tasaiseen kallionpintaan ja on odotettavissa, että paalu alapäästään lukien alle 1 m matkalla tukeutuu moreeniin tai kitkamaahan.

9.32

Kitkapaaluna toimiva lyöntipaalu

Kitkapaalujen käyttö on Suomen geologisissa olosuhteissa erikoistapausluontoista.

Jotta kitkapaaluna toimivan lyöntipaalun käyttöä kannattaisi harkita

- paalun on tukeuduttava kitkamaahan, jonka on oltava hiekkaa tai soraa tai erikoistapauksissa hiekkaista silttiä
- joko tukipaaluja ei maan tiiviyyden vuoksi saataisi lyödyiksi kantaviin pohjakerroksiin asti
- tai paalupituudessa saavutettaisiin selvää säästöä tukipaaluvaihtoehtoon verrattuna.
- siltatyypin tulee olla sellainen, että se kestää jonkin verran tavallista enemmän painumaeroja tukien välillä.

Kitkapaaluvaihtoehtoa varten tarvitaan seuraavia tietoja maaperästä:

- joka tuelta sekä paino- että heijarikairauksia (lähinnä tuen keskilinjalta, paalukentän nurkat eivät ole olennaisia)
- vähintään kahdesta pisteestä, yleensä lähes joka tuelta, 1 m välein otetut maanäytteet, yleensä niin syvälle kuin päästään pohjavedenpinta

9.33

Kallionvaraisen kaivinpaalun pituus

Jos halutaan suunnitteluvaiheessa tietoja lyönti- ja kaivinpaalun alustavaa vertailua varten tai halutaan varautua siihen, että urakoitsija esittää kaivinpaaluvaihtoehdon, sopiva tutkimustiheys on yksi poraus sillan tukea kohti. Kaksiajorataiset sillat käsitetään tällöin kahdeksi sillaksi.

Jos kaivinpaalutus on katsottava todennäköisesti toteutuvaksi vaihtoehdoksi, sopiva tutkimustiheys on tukilinjojen poraaminen sillä tarkkuudella, ettei porausten välimatka ylitä 10 metriä.

Jos on odotettavissa, että kaivinpaalun pituus (maan sisään jäävä osa) jää lyhyeksi, on tehtävä porakonekairaus jokaisen paalun kohdalta.

Kallionpinta varmistetaan ulottamalla poraus 3 m kallioon. Yleiskäsityksen (lähes aina riittävän) saamiseksi kallion laadusta tehdään joka porauksella aika-tunkeutuma-havainnot kallioporauksen osalta.

9.34

Maakerrokseen tukeutuva kaivinpaalu

Suomen geologisissa olosuhteissa kaivinpaalut useimmiten ulotetaan kallioon. Moreeninvarainen kaivinpaalu on myös tavallinen ratkaisu, mutta sora- tai hiekkakerrokseen tukeutuva kaivinpaalu on erikoistapaus.

Maakerrokseen tukeutuva kaivinpaalu on yleensä harkinnanarvoinen vaihtehto, kun

- moreenikerroksen paksuus on yli 4 metriä tai
- kitkamaakerroksen paksuus on yli 10 metriä

Myös paalulle tulevan kuorman ja paalulle sallittavan painuman suuruus vaikuttavat valintaan maanvaraisen ja kallionvaraisen kaivinpaalun välillä.

Maakerrokseen tukeutuvan kaivinpaalun tapauksessa tarvitaan tukeutumiskerroksesta enemmän kairaus- ja näytetietoja kuin kallionvaraisen kaivinpaalun tapauksessa. Suuntaa-antavina suosituksina voidaan esittää tutkimusmääriksi:

- painokairauksia 1 kpl/tuki tai 1 kpl/ 4 paalua,
- heijarikairauksia 2 kpl/tuki tai 1 kpl/2 paalua
- porakonekairauksia 2 kpl/tuki tai 1 kpl/2 paalua
- porakonekairausten määrää voidaan vähentää, jos kallio on niin syvällä, ettei kaivinpaaluja missään tapauksessa uloteta sinne asti ja ettei kallionpinnan korkeuden vaihtelu aiheuta epätasaisten painumien vaaraa
- vähintään kahdesta pisteestä näytteet, jotka on otettu porakoneella 1-2 m välein niin syvältä kuin suinkin saadaan.
- jos maakerrostuma, johon paalut tukeutuisivat, on muuta kuin moreenia, näytepisteitä on oltava yksi kullakin tuella
- pohjavedenpinnan määrittäminen

Maanvaraisen kaivinpaalun tapauksessa on kaikissa pohjatutkimuksissa kiinnitettävä erityistä huomiota tukeutumiskerroksen (moreenin tai kitkamaan) yläpinnan tason määrittämiseen, koska paalun tavoitetaso suunnitellaan ja usein myös suunnitelmassa ilmoitetaan vaadittavana upotussyvytenä ko. kerrokseen.

9.35

Paalutuksen toteutettavuus

Paalutusta haittaava tiiviys, kivisyys ja lohkaraisuus

Lyöntipaalutusta hankaloittavaa tiivyyttä voidaan arvioida paino- ja heijarikairausten sekä näytetietojen avulla. Hankaluuksia saattaa olla odotettavissa, jos läpäistävänä on useita metrejä paksuja kerroksia hiekkaa, soraa tai hiekkaista silttiä.

Lyöntipaalutusta haittaavaan kivisyyteen ja lohkaraisuuteen viittaa paino- tai heijarikairausten päättyminen kiviin ennen kantavaa pohjakerrostumaa. Tästä syystä on lyhyksikin jääneiden kairausten tulostaminen tärkeää. Erityisen tärkeää on täytemaakerrosten kivi-

syyden ja lohkareisuuden tutkiminen. Sopiva tutkimusmenetelmä on usein koekuoppa. Täytemaan epähomogeenisuuden ja arvaamattomuuden takia tutkimustiheyden on usein oltava suuri.

Kaivinpaalutusta haittaavaan lohkareisuuteen viittaavat havainnot läpiporatuista lohkareista.

Paalutuksen ympäristöriskien selvittäminen

Paalutuksella, lähinnä lyöntipaalutuksella, voi olla seuraavanlaisia vaikutuksia maaperään ja lähistöllä sijaitseviin rakenteisiin:

- Löyhässä kitkamaassa ja karkeassa siltissä maapohjan tiivistymistä ja painumavaurioita
- Savessa syrjäytymistä
- Varsinkin tiiviissä, kivisissä tai routaantuneissa maakerroksissa tärinää, joka voi vaurioittaa rakennuksia ja rakenteita. "Vaarallinen alue" ulottuu harvoin yli 20-30 m etäisyydelle paalukentästä.
- Savimaassa häiriintymistä, joka heikentää luonnonluiskien, kaivantojen ja penkereiden vakavuutta. Vaikutus rajoittuu yleensä paalukentän välittömään läheisyyteen.
- Silttimaassa huokosvedenpaineen kohoamista ja tätä kautta leikkauslujuuden pienenemistä. Vaikutus voi ulottua 20-40 m etäisyydelle paalukentästä.
- Vettäpitävien maakerrosten puhkeamista ja niiden alapuolisista kerroksista mahdollisesti liikkuvan paineellisen pohjaveden virtausta maanpinnalle. Seurauksena voi olla pohjaveden alenemisesta aiheutuvia painumavaurioita ja joskus maapohjan laaja-alaista häiriintymistä.

Kaivinpaalutuksessa edellä esitettyjä vaikutuksia, lähinnä tärinää, esiintyy vain lohkareisia maakerroksia meislattaessa tai räjäytettäessä. Pieniläpimittaisilla teräksisillä lyöntipaaluilla ja porapaa- luilla ympäristövaikutukset ovat vähäisimmät.

Paalutuksen ympäristövaikutusten arviointia varten tulee normaaliin tutkimusten lisäksi selvittää "vaarallisella alueella" olevien rakenteiden tyyppi, kunto, perustamistapa ja -taso. Painumien ja syrjäytymisten osalta vaarallisen alueen voidaan katsoa ulottuvan paalupituuden suuruiselle etäisyydelle paalukentästä.

Kairauksia ja näytteenottoa on joskus tarpeen ulottaa vaaravyöhykkeessä olevien rakennusten ja rakenteiden välittömään läheisyyteen.

9.36

Erikoiskysymykset

Paaluja ympäröivien maakerrosten lujuus- ja kokoonpuristuvuusominaisuudet

Pehmeiden maakerrosten lujuus- ja kokoonpuristuvuusominaisuudet tulevat yleensä selvitettyiksi sillan tulopenkereiden perustamista silmällä pitäen (kohta 9.41). Tavallisissa tapauksissa riittävät nämä tiedot sekä välitukien kohdalta muita tarkoituksia varten tehtävät kairaukset ja näytteenotto. Käytännön toteamuksena voidaan lähinnä esittää, ettei edes kaivinpaaluilla kalliolle perustettavalla sillalla pidä tyytyä välitukien kohdalla pelkkiin porakonekairauksiin.

Erityisen tärkeitä ovat siipikairaukset, kun on ratkaistava mm. kaivinpaalujen vaippaputkien tarve tai on pelättävissä paalujen nurjahdus.

Korroosio

Teräspankkipaalujen käyttö edellyttää korroosioselvityksen tekemisen (vrt. Teräspankkipaaluohjeet).

9.4

Siltaan liittyvien muiden rakenteiden pohjatutkimukset

9.41

Tulopenger

Siltatutkimuksiin kiinteästi liittyväksi tulopenkereen tutkimukseksi kuuluu ehdottomasti että tutkitaan yksi poikkileikkaus n. 15-20 m maatuen takaa. Tästä leikkauksesta tehdään

- painokairaukset 10...15 m välein, reunimmaisat n. 15 m pengerluiskan juuren ulkopuolelta
- 1...2 siipikairausta sikäli kuin painokaira on tunkeutunut maahan kiertämättä tai vähäisellä kiertämisellä
- jos kairaukset ovat selvästi erilaisia kuin maatuen kohdalta tehdyt, selvitetään painumaominaisuudet näytetutkimuksin.

Pehmeiköllä tulopenkereen tutkimuksia jatketaan kauemmas sillasta. Tutkimusten ohjelmointiperiaatteita on esitetty TVH:n julkaisussa "Maarakennusalan tutkimus- ja suunnitteluohjeita" osassa II kohdassa 1.23.

Joissain olosuhteissa on syytä varautua tutkimuksissa siihen, että penkereeksi kaavailtu tienosa tulee toteutettavaksi siltana.

Kun sillan pituus riippuu geoteknisistä näkökohdista ja sillan kustannuksia verrataan penkereen kustannuksiin, on niillä osuuksilla, joilla sekä silta että penger tulevat kysymykseen

- tehtävä tutkimukset (yleensä enimmäkseen painokairauksia) riittävän leveällä alueella myös pengertä silmälläpitäen (ainakin 10 m pengerluiskien juuresta
- tehtävä siipikairauksia pengertä silmälläpitäen

Vertailut sillan ja penkereen välillä pyritään pääpiirteissään tekemään jo yleissuunnitteluvaiheessa, mutta vertailujen tarkistaminen ja hienosäätö jää kuitenkin myöhempisiin suunnitteluvaiheisiin.

9.42

Tukimuurit

Arvioitaessa, perustetaanko teräsbetoninen kulmatukimuuri maanvaraisesti vai paaluja käyttäen, voidaan likimain noudattaa samoja nyrkkisääntöjä kuin silloille on esitetty.

Maanvaraisen tukimuurianturan tutkimukset voidaan ohjelmoida samoilla periaatteilla kuin maanvaraisen silta-anturan tutkimukset.

Näytteenottopisteitä ohjelmoidaan tukimuurilinjalle yleensä n. 20 m välein. Tasalaatuisissa olosuhteissa voidaan pitkillä tukimuureilla näytepisteiden välimatkaa kasvattaa n. 40 metriin.

Paaluilla perustettavan tukimuurin osalta tutkimukset ovat samantyyppiset kuin paaluilla perustettavan silta-anturan eli tärkeimmät ovat riittävät heijarikairaukset. Muuriin liittyvä penkereenosa tutkitaan kuin sillan tulopenger.

Lujitemaatukimuuri kantavalle maapohjalle voidaan suunnitella samoilla tutkimuksilla kuin maanvarainen kulmatukimuuri.

Lujitemaatukimuuri vaatii pehmeiköllä vastaavanlaiset tutkimukset kuin tulopenger. Näytteet otetaan n. 40 m välein.

Kivikorimuuri tms. pieni tukimuurirakenne voidaan suunnitella joko- seenkin samoilla tutkimuksilla kuin lujitemaatukimuuri.

9.43

Väliaikaiset rakenteet

Kaivannot

Kaivantoja ei tarvitse erityisesti ottaa tutkimusten ohjelmoinnissa huomioon, jos:

- kaivantojen syvyys on alle 3 metriä ja
- kaivanto ei savi- tai silttimaassa puhkaise kuivakuorta taikka ulotu pohjavedenpinnan alapuolelle kitkamaassa tai moreenissa.

Yli 3 m syvän tai kuivakuoren puhkaisevan kaivannon kohdalta on oltava seuraavat tiedot normaalien tutkimusten lisäksi:

- koheesiomaassa siipikairauksia
- kaivannon tuennan suunnittelua varten mm. tiedot maan läpäistävyydestä ponteilla (yleensä heijarikairauksia)
- porakonekairauksia, jos on suunnitteilla kallioon ankkuroitu tukiseinä
- näyte- ja pohjavesitietojen riittävyys on tarkistettava.

Pohjavedenpinnan alapuolelle ulottuvissa kaivannoissa antaa koe-kuoppa havainnollisen käsityksen pohjaveden virtauksesta kaivantoon ja maapohjan häiriintymisherkyydestä.

Kiertotiet

Työnaikaisten kiertoteiden tutkimukset tähtäävät lähinnä kiertotiepengerterien vakavuuden selvittämiseen. Aihetta vakavuuden selvittämiseen tarkoin tutkimuksin on silloin, kun siipikairauksin on havaittu leikkauslujuuksia, jotka alittavat seuraavan kriteerin

$$S_u \leq 7 \cdot h$$

jossa

S_u = siipikairalla määritetty leikkauslujuus (kN/m^2)

h = pengerkorkeus (m) mitattuna penkereen päältä maanpintaan tai mahdolliseen kaivannon pohjaan.

Vakavuuden kannalta epäilyttävässä tapauksessa sopiva tutkimustiheys on:

- painokairaukset 20 m välein olevista poikkileikkauksista n. 15 m välein
- 1...2 siipikairausta poikkileikkausta kohti
- näytepisteet 40 m välein, mikäli maalajit eivät ole luotettavasti pääteltävissä sillan muista pohjatutkimuksista.

Joka tapauksessa kiertotiepenkereen vakavuus on tarkistettava vähintään 1-2 painokairauksella / 20 m pengertä.

Telineet

Telineet voidaan yleensä perustaa maanvaraisiksi kun silta tulee maanvaraiseksi ja monissa tapauksissa paalutetunkin sillan yhteydessä.

Telineiden maanvaraisen perustamisen suunnittelu edellyttää, kun maa on silttiä tai vähintään sitkeää savea (suljettu leikkauslujuus $S_u \geq 25 \text{ kN/m}^2$):

- tiedon kuivakuoren paksuudesta (painokairaus, siipikairaus)
- näytetiedot 1 m välein ainakin 5 metrin syvyyteen
- lujuustiedot ainakin 5 m syvyyteen (siipikairaus).

Yleensä ei välttämättä tarvita kairauksia tukien väliseltä alueelta, jos jännemitta on alle 20 metriä eikä ole erityistä syytä epäillä pohjaolosuhteiden vaihtelevuutta. Jos tasalaatuisissa olosuhteissa siipikairaukset ja näytepisteet ovat 40 m välein, tätä voidaan pitää riittävänä.

Jos telineet tulevat perustettaviksi paaluilla, on syytä tehdä yli 20 m pitkien jänneiden puolivälistä 2 kpl heijarikairauksia telineiden paalupituuden tarkentamiseksi.

Varasillat

Varasillat tutkitaan soveltuvien osien tavallisten siltojen tapaan. Yksiaukkoinen varasilta voidaan usein pehmeikköolosuhteissakin perustaa maanvaraiseksi. Tällöin etuluiskan vakavuuden selvittäminen siipikairauksin on olennaista.

Varasiltojen tutkimusten minimimääränä voidaan pitää yhtä painokairauksia tukea kohti. Lisäksi tarvitaan näytteet, elleivät painokairaukset osoita maakerrosten olevan samanlaiset kuin viereisen sillan osalla.

9.5

Erikoiskysymykset

9.51

Vesistösiltojen erikoispiirteet

Verrattuina kuivan maan siltoihin vesistösiltoilla on seuraavia erikoispiirteitä pohjatutkimusten kannalta:

- pohjatutkimuksia joudutaan suorittamaan vesialueella, mikä vaatii erikoisjärjestelyjä, ja tällöin on tutkimukset pyrittävä tekemään mieluiten yhdellä tai kahdella kerralla
- pohjatutkimukset ja sillan suunnittelu tapahtuvat usein etupainotteisemmin kuin muilla silloilla, sillä vesioikeuskäsittelyä varten on varattava aikaa
- sillan pituus ei määräydy ylitettävän esteen perusteella yhtä selvästi kuin yleensä kuivan maan silloilla, vaan sillan / penkereen pituus riippuu huomattavassa määrin mm. geoteknisistä näkökohdista ja ympäristötekijöistä.

Koska pohjatutkimukset joudutaan ainakin virtaavissa vesistöissä tekemään lauttakalustoa käyttäen, on syytä harkita tutkimusten tekemistä alueellisina kaikilla mahdollisuuksien rajoissa olevilla tukien paikoilla, jolloin tukien sijainnin mahdollinen muuttuminen ei välttämättä aiheuta tutkimusten täydentämistarvetta. Jos tutkimukset voidaan tehdä jäältä, niiden vaihteellinen täydentäminen on helpompaa, joskin varsinkin leutoina talvina jää kantaa raskaan kaluston vain varsin lyhyen aikaa.

Kun harkitaan jäältä tehtävien tutkimusten turvallisuuskysymyksiä, otetaan huomioon:

- jään paksuus
- jään laatu (teräsjää, kohvajää)
- jään tasalaatuisuus (esim. virtapaikoissa vaihtelee)
- kaluston paino
- kuormituksen kesto aika (kuljetus, työvuoro, kaluston jättäminen yöksi jäälle)
- säätila ja sen odotettavissa olevat muutokset

Pakkassäällä jäätä voidaan lujittaa lunta poistamalla ja/tai jäätä kastelemalla. Erikoistapauksissa voidaan käyttää myös muovi- tai teräsverkkoja jään lujittamiseen. Jään paksuus ja laatu tutkitaan ennen kaluston jäälle viemistä esim. jääkairalla. Jäällä työskenneltäessä noudatetaan voimassaolevia työturvallisuusohjeita.

Vesialueilla tehtävissä tutkimuksissa tarvittavaa lauttakalustoa valittaessa otetaan huomioon:

- vesisyvyys
- aallokko- ja tuuliolosuhteet
- kaluston paino
- ankkurointi
- kaluston vesillelaskupaikat ja hinaus kohteeseen

Valmiita isoja lauttoja on mm. eräillä tiepiireillä ja Merenkulkuhallituksella. Varasiltaikalustoa tai lauttoja voidaan vuokrata esim. pioneerijoukko-osastoilta. Helppoissa olosuhteissa voidaan käyttää myös veneitä, tynnyreistä tms. osista koottuja lauttoja. Yleensä vesialueella työskenneltäessä on paikallistamiseen käytettävä takymetriä.

9.52

Ratasiltojen erikoispiirteet

Ratasilloilla on pohjatutkimusten kannalta seuraavia erikoispiirteitä muihin siltoihin verrattuina:

- Pohjatutkimusten tekeminen rata-alueella on hankalaa ja edellyttää erilaisia turvallisuusjärjestelyjä
- Ratasilta on suhteellisen kapea
- Ratasiltojen kuormat ovat suhteellisen suuret ja järeä kansirakenne kestää vain pieniä painumaeroja, mikä johtaa rajatapauksissa usein paaluperustukseen.
- Työnaikaiset järjestelyt (apusillat, väistöraiteet) vaikuttavat ratkaisevasti perustamistavan valintaan rakennettaessa siltoja olemassaolevien raiteiden ali.

- Mm. paalupituuden määrittämiselle asetetaan joissain tapauksissa erityisen ankaria tarkkuusvaatimuksia, jotta paalutustyön suorittaminen työnaikaisen liikenteen kannalta hankalissa olosuhteissa olisi mahdollisimman sujuvaa.
- Tutkimuksista on neuvoteltava VR:n kanssa

Olemassaolevien ratojen alituksissa joudutaan harkitsemaan, missä suunnitteluvaiheessa tutkimuksia joudutaan tekemään raiteiden kohdilta ja missä vaiheessa riittävät pituusleikkaustutkimukset radan molemmin puolin. Suuntaa-antavina suosituksina voidaan esittää:

- Pääsuuntaselvitys- ja yleissuunnitelmavaiheessa ei yleensä tehdä tutkimuksia raiteiden kohdilla tai välissä.
- Siltapaikan valintaan ja/tai sillan alustavaan suunnitteluun tähtäävät tutkimukset voidaan tehdä pituusleikkaustutkimuksina radan molemmin puolin, jos näiden pituusleikkausten etäisyys on alle 10-15 metriä

Yksityiskohtaisia tutkimuksia joudutaan suorittamaan myös raiteiden kohdilla. Paaluperustus tai kallionvarainen perustus vaatii tarkemmin oikealta kohdalta olevat tutkimukset kuin esim. maanvarainen antura. Mahdolliset apusiltojen kallionvaraiset teräspaalut edellyttävät myös tarkan tiedon kallionpinnan sijainnista ja kallion laadusta.

Työnaikaisen rataliikenteen järjestelyperiaatteet (käytössä olevien raiteiden määrä / väistöraiteet / apusillat) on selvitettävä yhteistyössä VR:n kanssa viimeistään tiesuunnitelmavaiheessa. Näillä järjestelyillä on huomattava vaikutus tutkimustarpeeseen.

Olemassaolevia ratoja alitettaessa perustamistavan valintaa ohjaa huomattavassa määrin kaivantotöiden minimointi, mikä usein johtaa kaivinpaalujen käyttöön. Tutkimuksia ohjelmoitaessa on näin ollen syytä varautua kaivinpaaluvaihtoehtoon, vaikka se ei puhtaasti maaperän kannalta arvioiden olisikaan luontevin perustamistapa.

9.53

Urakoitsijan vaihtoehtoisiin tarjouksiin varautuminen

Pohjarakennustöiden hintoja ei aina voida suunnitteluvaiheessa riittävän tarkasti tietää, koska varsinkin erikoistöiden urakkahinnat vaihtelevat hyvinkin nopeasti kulloisenkin kilpailutilanteen mukaan. Urakkatarjousvaiheessa tulee uudelleen rahallisesti punnituksi eri vaihtoehtojen toteutuksen varmuus ja sujuvuus sekä sopivuus kunkin urakoitsijan kalustotilanteeseen. Esimerkiksi paalutus saattaa näennäisestä kalleudesta huolimatta olla paremmin ennakoitavissa ja riskittömämpi kuin hankala kaivanto maanvaraisperustusta varten. Sitä paitsi erilaisiin ratkaisuihin ja erilaisiin määrätaksumiin perustuvien tarjousten asettaminen edullisuusjärjestykseen on hankalaa ilman riittäviä maaperätietoja. Näistä syistä kannattaa jo tutkimusvaiheessa pyrkiä varautumaan urakoitsijan omiin vaihtoehtoihin, joista tyypillisimpiä ovat seuraavat:

- Paalutyypit lyöntipaalu, kaivinpaalu tai muu suurpaalu voivat vaihtua toisikseen, jolloin samalla voi jopa koko siltatyypin muuttua
- Maanvarainen tai kallionvarainen perustus voi vaihtua paaluperustukseksi, jos kaivanto joudutaan tukemaan tai se on muuten hankalasti toteutettava.

Jos urakoitsijan vaihtoehto poikkeaa niin perusteellisesti perusvaihtoehdosta (esimerkiksi tukien paikat ovat toiset), että urakoitsija teettää työstä omat suunnitelmansa, eli kyseessä on kokonaisvastuuurakka (KVR-urakka), jäävät sen mahdollisesti vaatimat lisätutkimukset TVH:n rakennuttamisohjeen 1984 mukaisesti urakoitsijan kustannuksellaan tehtäviksi. Tutkimukset on tehtävä rakennuttajan hyväksymällä tavalla.

9.6

Mittaustyöt

Siltapaikan 1:500 kartan laatiminen edellyttää useimmiten joko olemassaolevan karttapohjan tarkistamista ja täydentämistä maas-

tossa tehtävin kartoituksin tai kokonaan uutta kartoitusta. Kartoitus tehdään joko fotogrammetrisesti tai geodeettisin mittauksin. Fotogrammetrian käyttö edellyttää, että ilmakuvauus on suoritettu matallakuvauksena pelkästään ko. tiensuunnittelukohdetta varten. Jos siltapaikan maasto on peitteinen tai siltapaikalla on tarkkaa kartoitusta vaativia olemassaolevia rakenteita, geodeettiset mittaukset ovat välttämättömiä. Kaavoitetuilta alueilta on saatavilla valmiita 1:500 karttoja, joita kuitenkin lähes poikkeuksetta joudutaan tarkistamaan ja täydentämään.

Kartan tekeminen pienimittakaavaista karttaa suurentamalla ei ole mielekäästä, koska tarkkuus ei parane eikä kokonaan uuden kartoituksen tekeminen ole kallista saavutettavaan hyötyyn nähden.

Tavanomaisen siltapaikan kartoitus vaatii yleensä 1-2 työvuoraa maastotyötä, kun kysymyksessä on uusi kartoitus. Varsinkin jos siltapaikka sijaitsee rakennetussa ympäristössä, kannattaa harkita kartan tekemistä 1:200 mittakaavaan, koska tarkkuus on tällöin parempi.

Kartoitustyöt kannattaa nykyisin ehdottomasti tehdä elektronisella takymetrillä, jossa on tallenninlaite, sillä kartan jatkokäsittely nykytekniikalla edellyttää numeerista kartoitusta (x, y, z). Myös pituus- ja poikkileikkausvaaituksissa takymetri on tehokkaampi kuin vanhat menetelmät.

10

VANHAT SILLAT

10.1

Tutkimustarve

Tyypillisiä tapauksia, joissa ilmenee tarvetta vanhan sillan tutkimiseen, ovat mm. seuraavat:

- Vanha painorajoitettu silta uusitaan
- Sillan päällysrakenne uusitaan, jolloin oma paino kasvaa
- Siltaa levennetään esim. kevyenliikenteen väylää varten

- Sillan tukien läheisyydessä tehdään kaivutöitä, esim. viereen tulevan uuden sillan peruskaivanto taikka maatuen edestä sillan alittava kevyen liikenteen väylä tai sillan anturaa levennetään
- Sillan tukien läheisyydessä tehdään muita rakentamistoimenpiteitä, esim. paalutus- tai täyttötöitä
- Sillassa todettuja vaurioita ryhdytään korjaamaan.

10.2

Esiselvitykset

Arkistosiselvitystyönä kerätään seuraavat tiedot:

- siltatyyppi
- maaperäolosuhteet
- perustamistapa
- rakennusmateriaalit
- rakentamista koskevat tiedot

Tärkein arkistosta etsittävä asiakirja on sillan yleispiirustus ja mahdolliset tiedot siihen tehdyistä muutoksista tai täydennyksistä. Nykyisin rakennettavista silloista laaditaan kelpoisuuskirja, johon yleispiirustus sisältyy. Yleispiirustuksesta ilmenevän siltatyypitiedon ja näkyvien osien materiaalien tarkistaminen toteutuneeseen siltaan vertaamalla on helppo tehtävä. Arkistoista ilmeneviin maaperäsuhteisiin on syytä suhtautua varauksin. Jos kairautiedot niistä löytyvät, voidaan paremmin arvioida yleispiirustuksessa esitetyn maaperätulkinnan luotettavuutta. Erityisen epävarmoja ovat kallionpintatiedot, koska ne vanhoissa suunnitelmissa yleensä perustuvat kevyillä kairauksilla saatuihin tietoihin. Jos suinkin on tilaisuus haastatella sillan rakentamiseen osallistuneita henkilöitä, on tieto sillan perustamistavasta pyrittävä varmistamaan. Työnaikaisten suunnitelmamuutosten dokumentointi on saattanut olla epäluotettavaa. Esim. jos silta on suunniteltu kallionvaraiseksi ja kallionpinta vaikuttaa epäluotettavalta, on hyvin mahdollista, että piirustus ei sellaisenaan pidä paikkaansa. Viitteitä suunnitelman mukaisesta tai siitä poikkeavasta perustamistavasta voi saada esim. vertaamalla vesistö sillan peruskaivantojen pysyviksi jääneitä puuponttiseiniä suunnitelmassa esitettyihin.

Siltaa koskevien arkistoselvitysten taustatiedoksi ja täydennykseksi kootaan tiedot sillan lähiympäristöstä. Tällaisia tietoja ovat esim.

- risteävien liikenneväylien suunnitelmat maaperätietoineen
- vesistöjen vedenkorkeus- ja virtaamatiedot

Teiden osalta vanhat suunnitelmat löytyvät tiepiirien arkistoista, valtionarkistosta tai kuntien arkistoista. Ratojen osalta maaperätiedot ovat arkistoituina VR:llä. Vesistötiedot saadaan vesi- ja ympäristöpiireiltä tai hydrologian toimistosta.

Sillan perusrakenteiden kunto arvioidaan aina vähintään silmämääräisenä tarkasteluna. Selvitettäviä asioita ovat ainakin

- betonisiltojen halkeamat (koko sillan osalta, koska voivat antaa viitteitä painumavaurioista)
- jäiden aiheuttamat vauriot vesistösilloissa
- tulopenkereiden painumat ja muut vauriot
- siltaan liittyvien maarakenteiden eroosio- ja muut vauriot
- tukien painumat, siirtymät ja kallistumat
- vesistösiltojen tukien peitesyvyyden pieneneminen

Painuma-, siirtymä- ja kallistumamittaukset aloitetaan mieluiten useita vuosia ennen korjaustöiden suunniteltua ajankohtaa.

Sillan kuntoa koskevat aikaisemmat tarkkailutiedot etsitään arkistoista. Siltojen vuositarkastusraportit saadaan tiepiirien siltainsinööreiltä.

Vesistösiltojen tarkastaminen edellyttää usein sukeltajan ja videokuvauksen käyttöä.

10.3

Tutkimusten vaiheittaminen ja tutkimusohjelma

Vanhojen siltojen tutkimukset on tehtävän luonteen takia yleensä tehtävä vaiheittain.

Tutkimuspisteet ovat olosuhteiden takia tavallista kalliimpia ja niiden tarkka sijoittaminen vaatii sekä geoteknisen että rakenneteknisen asiantuntemuksen hyväksikäyttämistä. Sitäpaitsi tutkimustöistä aiheutuva liikenteen järjestelytarve on syytä harkita jo ohjelmointivaiheessa.

Vanhan sillan tutkimusohjelman on oltava toisaalta tarkemmin mietitty kuin tavanomaisen ohjelman ja toisaalta suunnittelijan ja tutkijan välistä tiivistä yhteydenpitoa painottava. Tutkimuspisteiden sijainti ja niistä työmaalla sallittavat poikkeamat ovat oleellisia. Mittaus- ja kartoitustyöt ovat vanhan sillan tapauksessa tärkeitä.

10.4

Tutkimukset

10.41

Tutkimukset, kun sillan tuen kuormaa lisätään

Kallionvarainen tuki

Kun kallionvaraisen tuen kuormaa lisätään, on tarvittaessa varmistettava

- onko tuki todella perustettu kalliolle (tärkeintä!)
- anturan ja kallion välinen kontakti
- betonin laatu
- kallion laatu on hyvin harvoin olennainen

Em. asioiden selvittämiseen soveltuu parhaiten kallionäyttekaira. Suuntaa-antavia tuloksia voidaan saada myös porakoneella. Mikäli kallio on lähellä maanpintaa, voidaan anturan kylkeen kaivaa koe-kuoppa, ellei se vaaranna nykyisiä rakenteita.

Jos kallionvaraiseksi suunniteltu tuki todetaankin maanvaraiseksi, tutkimukset tehdään maanvaraista tukea koskevien ohjeiden mukaan.

Maanvarainen tuki

Kun maanvaraisen anturan kuormaa lisätään, on selvitetävä

- anturan todella toteutunut perustamistaso ja todelliset mitat
- maalaji
- maan tiiviys
- maakerrosten paksuus
- pohjavedenpinta
- anturan rakenteellinen kestävyys (betonin laatu)

Maalaji määritetään näytteenotolla, mieluiten anturan vierestä maapohjan häiriintymisvaaran takia. Maan tiiviys määritetään paino- ja/tai heijarikairauksin, jotka yleensä tehdään anturan vierestä, erikoistapauksissa anturan läpi, jos on epäiltävissä, että maa on löyhtynyt perustamistöiden yhteydessä. Anturan perustamistaso voidaan epäilyttävissä tapauksissa selvittää tekemällä poraus anturan läpi tai koekuopalla. Anturan mitat selvitetään epäilyttävissä tapauksissa kairauksilla tai koekuopilla.

Edellä mainittujen tutkimusten välttämättömyyttä arvioitaessa on syytä tehdä alustavia geoteknisiä laskelmia varovaisilla lähtöotaksuilla. Esim. moreeninvaraisen anturan geotekninen kantavuus saattaa jo tällälailailla osoittautua riittäväksi.

Paalutettu tuki

Kun paalutetun tuen kuormaa lisätään, on selvitetävä

- onko tuki varmasti paalutettu
- mikä olisi paalupituus, jos tuki suunniteltaisiin nyt
- löytyykö tieto toteutuneesta paalupituudesta ja viittaako paalupituuden vertailu kairaustuloksiin siihen, että paalut ovat tukipaaluja
- jos paalut ovat puupaaluja, ovatko ne olleet luotettavasti pohjavedenpinnan alapuolella
- mikä olisi mahdollisten lisäpaalujen pituus tukipaaluna /kitkapaaluna

- aiheuttaako mahdollisten lisäpaalujen lyönti riskejä olemassa-oleville paaluille (varsinkin kitkapaaluille tai vinopaaluille), vrt. 9.35.

Paalupituudet selvitetään heijarikairauksin, joskus porakonekairauksin, jotka pyritään ohjelmoimaan olemassaolevan paaluanturan viereen. Kitkapaalutapauksissa tarvitaan myös maanäytteitä ja painokairauksia. Teräspaalujen ollessa kyseessä on myös kallionpinta selvitettävä porakoneella.

Jos olemassaolevasta paalutuksesta ei saada luotettavia tietoja, sen hyväksikäyttämisestä joudutaan usein luopumaan.

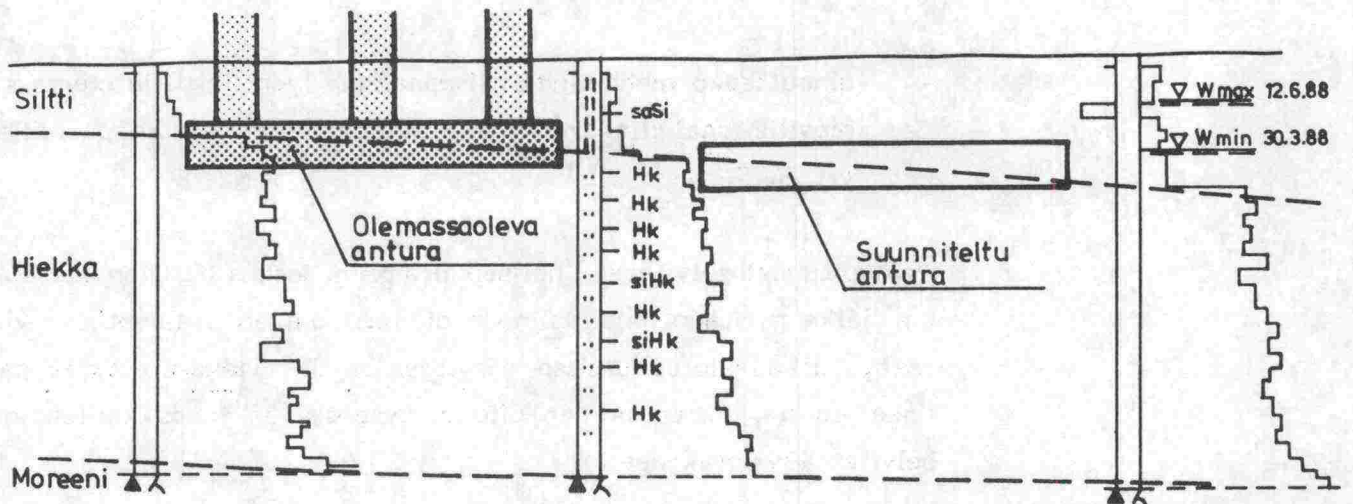
10.42

Tutkimukset, kun tehdään rakennustöitä sillan tukien vieressä

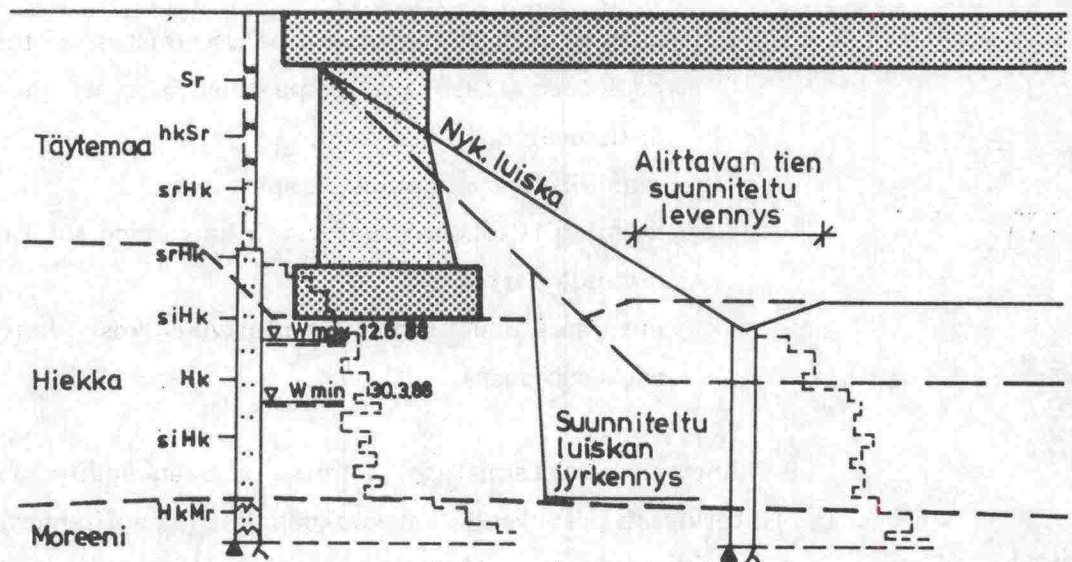
Kun sillan tuen välittömässä läheisyydessä tehdään kaivutöitä, on tiedettävä

- anturan todella toteutunut perustamistaso ja todelliset mitat
- paalutetun tuen osalta paalujen sijainti ja vinous (lähinnä arkistoselvityksenä)
- maalaji, tiiviys, pohjavedenpinta
- keilojen ja luiskien materiaali kaivannon tukirakenteiden suunnittelua varten
- anturan alapuolisen maan routivuus, koska kaivu voi heikentää routasuojasta

Anturan perustamistaso ja mitat voidaan epäilyttävissä tilanteissa tarkistaa porauksella tai koekuopalla. Kaivutilanne heikentää anturan kantokykyä. Kantokykyä selvittäessä on tiedettävä maalaji, tiiviys ja pohjavedenpinta, jotka yleensä pitää selvittää uutta kaivantoakin silmälläpitäen. Esimerkitilanteita on esitetty kuvissa 16 ja 17.



Kuva 16. Esimerkki tutkimuksista, kun olemassaolevan välituen rinnalle tehdään uuden sillan välituki. Jos olemassaolevan kuormitusta lisättäisiin, tutkimukset voisivat olla samat, paitsi että oikeanpuolimmainen painokairaus jäisi pois.



Kuva 17. Esimerkki tutkimuksista, kun tehdään kaivutöitä olemassaolevan maatuen edessä.

Kun sillan tuen läheisyydessä tehdään täyttötöitä, on selvitettävä em. luettelon kolme ensimmäisenä lueteltua asiaa. Kriittisissä tapauksissa maan painumaominaisuudet on selvitettävä tarkemminkin (ödometrikokein).

Kun sillan tuen läheisyydessä tehdään paalutustöitä, tutkimukset on esitetty kohdassa 9.35.

11

TUTKIMUSTULOSTEN ESITTÄMINEN

11.1 Siltapaikka-asiakirjat

Siltapaikalla tehtävien maastotutkimusten tulokset muodostavat osan siltapaikka-asiakirjoja. Siltapaikka-asiakirjoissa esitetään kulloinkin ajan tasalla olevat maaperätiedot ja ehdotukset sillan perustamistavaksi. Eri vaiheissa tehtyt pohjatutkimukset kootaan yhteen ja työstetään havainnolliseksi ja johdonmukaiseksi piirustussarjaksi. Tutkimustietojen käsittely ja tulostus sujuu kätevimmin ATK:n avulla. Piirustusmerkintöinä käytetään SGY:n pohjatutkimusmerkintöjä (liitteenä). Liitettä voidaan erillisenä tilata Rakentajain kustannus Oy:stä.

Siltapaikka-asiakirjoihin kuuluu mm. seuraavia piirustuksia tms. osia, joissa esitetään maaperätietoja

a. Siltapaikan kartta, mittakaava 1:500 tai 1:200 (kuva 18). Kartalla esitetään

- siltapaikalla ja sen ympäristössä vallitseva tilanne ennen rakennustöiden aloittamista (pohjakartta korkeuskäyrineen)
- suunniteltujen liikenneväylien mittalinjat
- pohjatutkimuspisteet. Erikoistapauksissa voidaan esittää pisten yhteydessä myös numeroina
 - maanpinta ja 1-2 tärkeää maalajirajaa, kallionpintaa, kairauksen päättymissyvyyttä tms.
 - kartan päivitys

- ajan tasalla oleva luettelo pituus- ja poikkileikkauksista

b. Siltapaikan pituusleikkaus, mittakaava 1:200/1:200 (kuva 19). Suunnittelua varten mittakaavan on oltava sama sekä pituus-että pystysuunnassa. Siltapaikan pituusleikkauksessa esitetään

- maanpinta vaahtuna riittävän tiheästi esim. keskilinjalta sekä 10 m vasemmalle ja 10 m oikealle
- vesistön vedenkorkeudet HW, MW, NW ja tutkimuspäivän W
- pohjatutkimustiedot (esityksen selvytyden vaatiessa voidaan osa jättää esitettäväksi vain poikkileikkauksissa, esim. maanäytteiden laboratoriotutkimustiedot)
- olemassaolevat rakenteet
- suunniteltujen teiden tasaukset graafisella tarkkuudella
- maahan katkenneet kairatangot, koska ne voivat hankaloittaa rakentamista

Jos geoteknillinen suunnittelija laatii siltapaikka-asiakirjat, leikkauspiirustuksiin voidaan harkinnan mukaan lisätä mm. maalajirajatulkinnoja ja geoteknisten laskelmien kannalta oleellisia parametreja.

Siltapaikan pituusleikkaukset tehdään kaksiajorataisilla teillä molemmilta ajoradoilta erikseen. Risteyssillan tapauksessa riittää yleensä ylimenevän tien pituusleikkaus, mutta esim. alikulkukäytävän tapauksessa tehdään pituusleikkaukset molemmilta risteäviltä väyliltä. Pituusleikkaus ulotetaan penkereen osalta niin pitkälle että kaivannot voidaan tarkastella näissä. Edelleen pehmeikkötapauksissa on siltaan välittömästi liittyvä pengervahvistus, esimerkiksi massanvaihto tai paalulaatta, voitava tarkastella siltatutkimuksen pituusleikkauksessa siltä osin kuin sillä on vaikutusta siltaratkaisuihin.

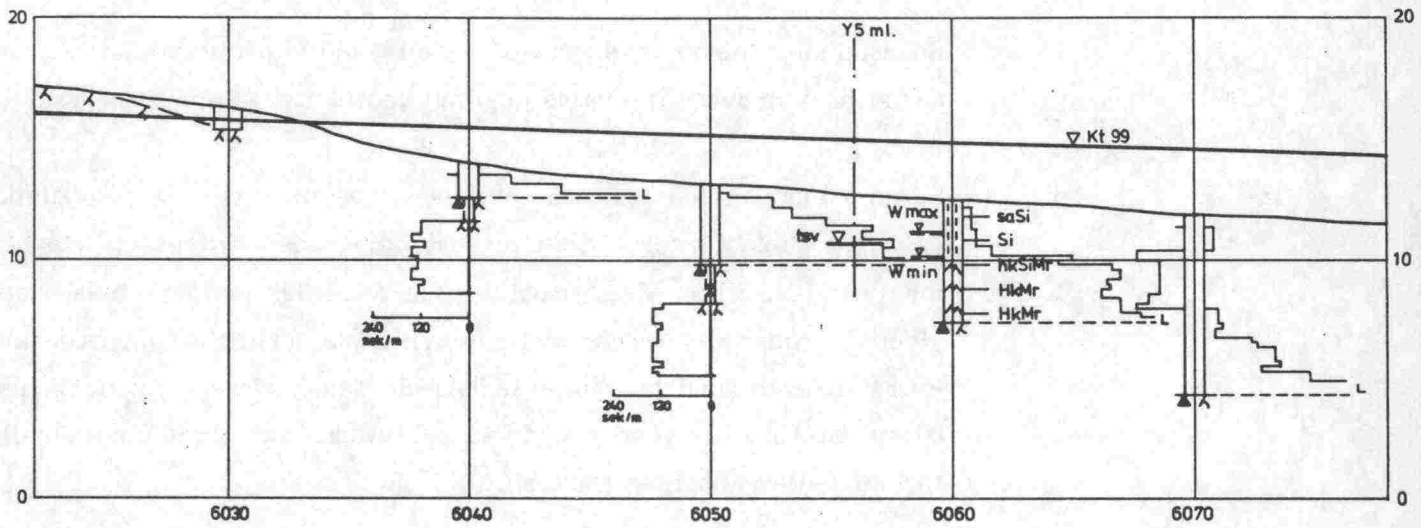
c. Poikkileikkaukset mittakaava 1:200 (kuva 20) sekä pituus- että pystysuunnan mittakaava on oltava sama. Ihannetapauksessa leikkaukset ovat tulevien tukilinjoiden kohdilta, jolloin ne ovat joskus vinoja. Poikkileikkauksissa esitetään samat asiat kuin siltapaikan pituusleikkauksessa ja lisäksi maanäytteiden rakei-

suuskäyrät pienennettyinä. Maanpintojen tulee olla riittävän tiheästi vaaittuja vähintään 10 m sillan kannen molemmin puolin.

- d. Jos silta tulee olemassa olevan sillan välittömään läheisyyteen tai on tarkoitus käyttää hyväksi vanhan sillan tukia, on vanhan sillan yleispiirustus liitettävä siltapaikka-asiakirjoihin.
- e. Liitteinä sellaiset siltapaikalla tehtyjen geoteknisten erikoistutkimusten tulokset, joita ei pysty kätevästi esittämään leikkauspiirustuksissa. Normaalit laboratoriotulokset esitetään liitteessä olevien piirustusmerkintöjen mukaisesti.
- f. Teksti, jossa esitetään
 - yleisluonnehdinta siltapaikan pinnanmuodoista ja geologisesta muodostumasta
 - yleisluonnehdinta suunniteltujen väylien tasauksista
 - lyhyt kuvaus maakerroksista ja niiden oleellisista ominaisuuksista (maalajit, kerrospaksuus, tiiviys, lujuus, kivisyys, lohkaisuus, routivuus tms.)
 - tiedot kallionpinnan sijainnista ja kallion laadusta
 - tiedot pohjavedestä
 - yleensä lyhyt katsaus kysymyksen tuleviin perustamistapa- vaihtoehtoihin ja valintaan vaikuttaviin tekijöihin
 - yleensä lyhyt selostus sillan tulopenkereiden perustamistavasta tai kysymykseen tulevista vaihtoehdoista.

Koska sillan perustaminen varsinaisesti suunnitellaan vasta siltapaikka-asiakirjojen laatimisen jälkeen geoteknillisen suunnittelijan ja sillansuunnittelijan yhteistyönä, siltapaikka-asiakirjojen teksti kannattaa laatia lähinnä lyhyeksi muistilistaksi myöhempiä työvaiheita ja vaihtoehtovertailuja varten eikä pyrkiä loppuun asti ratkaisuun suunnitelmaan.

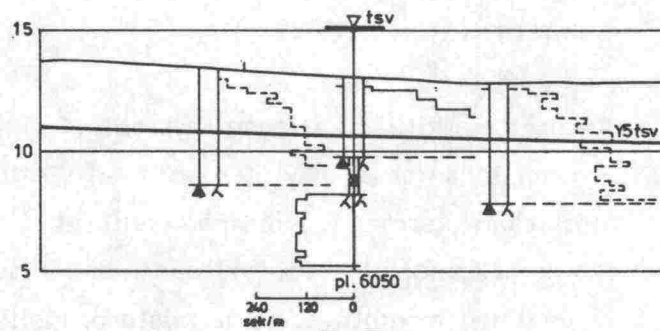
Liitteinä on esitetty kaivinpaaluilla perustettavaksi kaavaillun ulokelaattasillan pohjatutkimuspiirustukset.



Kuva 19. Esimerkki siltapaikan pituusleikkauksesta

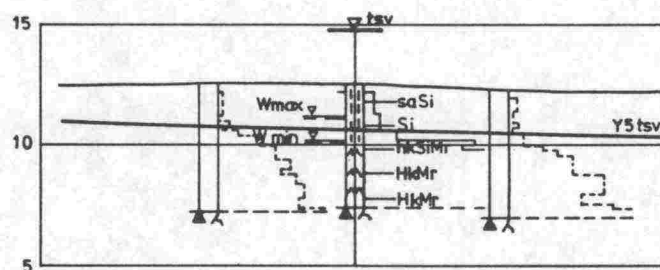
A-A

Kt 99 pl 6052



B-B

Kt 99 pl 6060



Kuva 20. Esimerkki siltapaikan poikkileikkauksista

11.2 Siltasuunnitelma

Siltasuunnitelmassa maaperätiedot esitetään yleispiirustuksessa, siltakohtaisessa työselityksessä ja sillan geoteknisissä piirustuksissa.

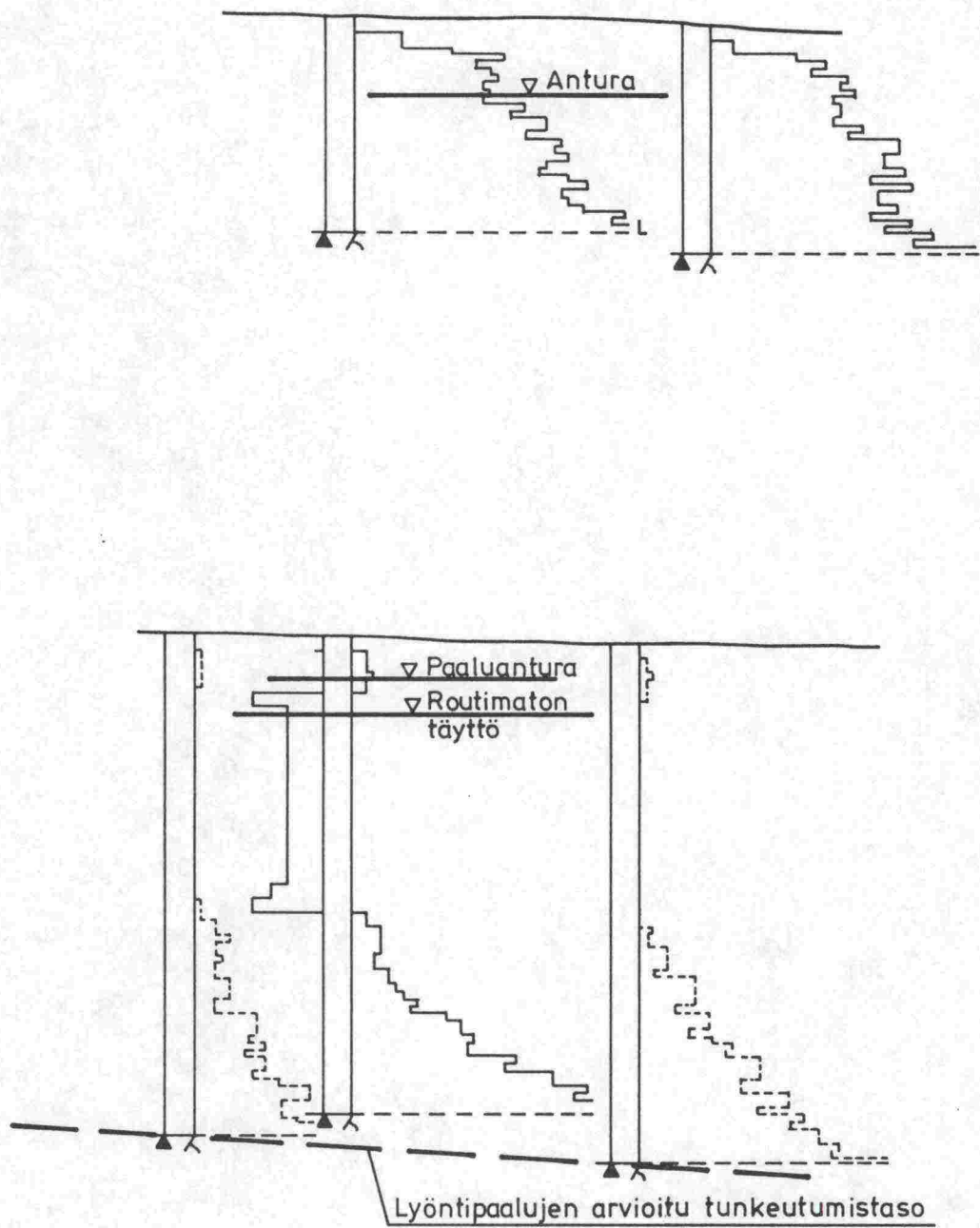
Sillan yleispiirustuksessa on tavallisesti asemapiirros ja pituusleikkaus tai -leikkaukset. Sillan pituusleikkaukseen piirretään yleensä maalajirajat. Sillan yleispiirustuksessa esitetään pengervahvistukset yleensä graafisella tarkkuudella ja viitataan erillisiin piirustuksiin, joissa ne esitetään tarkemmin. Joissain tapauksissa erillisiä piirustuksia ei tarvita, vaan ko. asiat pystytään esittämään riittävällä tarkkuudella yleispiirustuksessa.

Kun sillasta laaditaan siltakohtainen työselitys, sisältyy siihen maaperäkuvaus, joka laaditaan siltapaikka-asiakirjojen maaperää koskevan tekstin pohjalta, sitä tarvittaessa tarkistaen. Geoteknillinen suunnittelija laatii tai tarkastaa myös perustustöitä koskevat osat.

Sillan geotekniset piirustukset ovat siltapaikan kartta, siltapaikan pituusleikkaukset ja poikkileikkaukset

Sillan perustusrakenteiden mahdollisesta esittämisestä pohjatutkimuspiirustuksissa sovitaan kussakin hankkeessa erikseen, esimerkiksi seuraavasti (vrt. kuva 21):

Anturat merkitään karttaan rasterilla. Leikkauksiin merkitään anturan alapinnan taso. Täytöt merkitään vastaavalla tavalla. Paaluista merkitään karttaan lyöntipaaluanturat ja suurpaalut yksittäisinä rasteina. Leikkauksiin merkitään mahdollisen paaluanturan alapinta ja paalujen arvioitu tunkeutumistaso. Kallionvaraisten kaivinpaalujen alapään tason asemasta riittää kallionpintaviiva.



Kuva 21. Esimerkkejä perusrakenteiden esittämisestä sillan geoteknisissä piirustuksissa.

LIITTEET

Pohjatutkimusmerkinnät

Esimerkki pienen vesistö sillan pohjatutkimuksista:

S4-1	Kartta
S4-2	Pituusleikkaus
S4-3	Poikkioleikkaus

Esimerkki suuren vesistö sillan pohjatutkimuksesta:

S11-1	Kartta
S11-2	Pituusleikkaus
S11-8	Poikkileikkaus

Muut ohjeissa esitetyt tyyppitapaukset:

Esimerkki alikulkukäytävän pohjatutkimuksesta: kuvat 18...20 sivuilla 74...75

Esimerkki risteyssillan pohjatutkimuksista: kuva 11 sivulla 44.

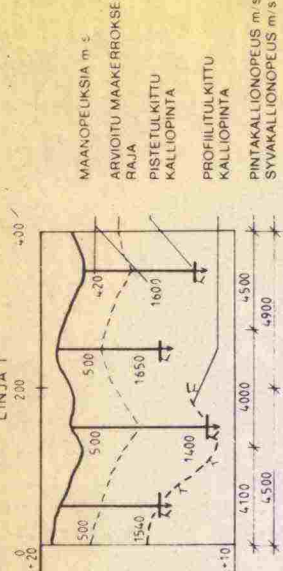
MAALAJIALUEET

MAALAJIALUEEN RAJA

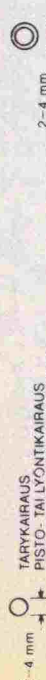
TÄRYKAIRAUŠ

КОЕКУОППА

SEISMINEN LUOTAUS



KAIRAUKSET



NÄYTTENOTTO



MUUT TUTKIMUKSET



GEOTEKNISET ERIKOISTUTKIMUKSET
ESIM. KOEKUORMITUS, PAINUMAMITTAUS



LYHYTAIKAINEN POHJAVEDENPINNAN HAVAINTO
PIITKESSÄ TAI AVOIMESSA REIÄSSÄ

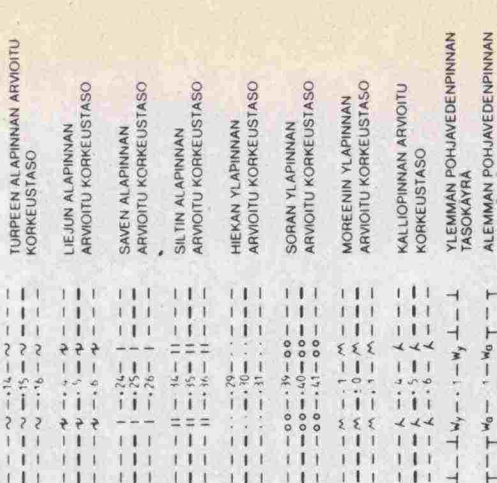
GEOFYSIKAALISET LUOTAUSLINJAT



KAIRAUSTEN PÄÄTTYMINEN



KORKEUSKÄYRÄSTÖT



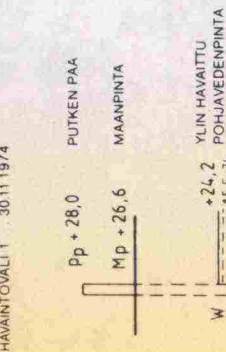
KOORDINAATTI- JA KORKEUSTASOTIEDOT



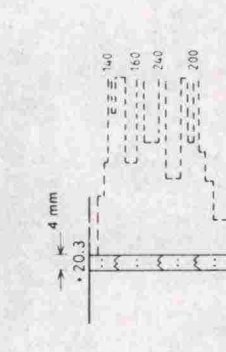
SWYYSKÄYRÄSTÖT



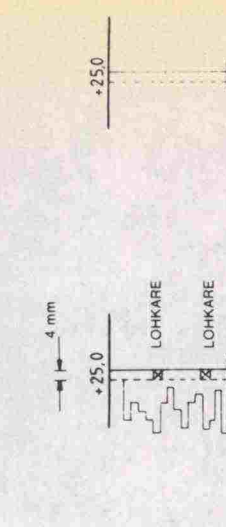
POHJAVESIPUTKI



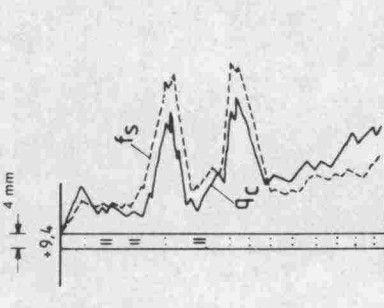
HEIJARIKIRAUS



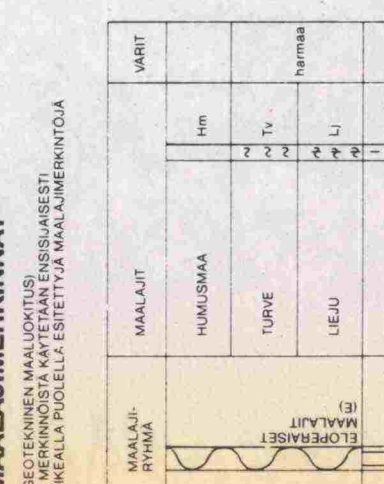
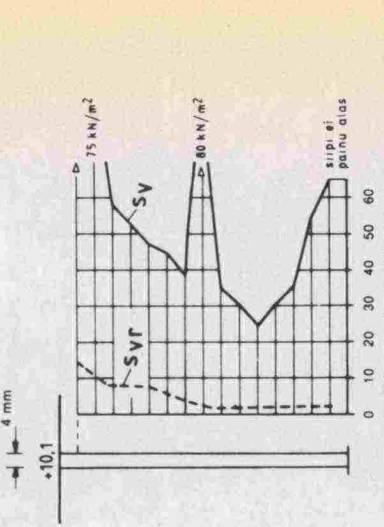
PORAKONEKAIRAUS TANGOILLA



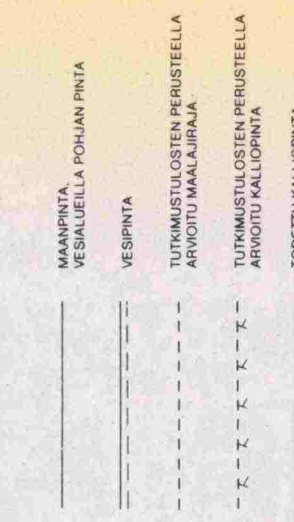
PIRISTINKAIRAUS
SIIPIKAIRA



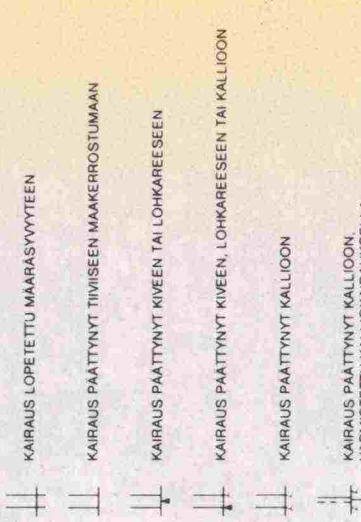
SIIPIKAIRAU



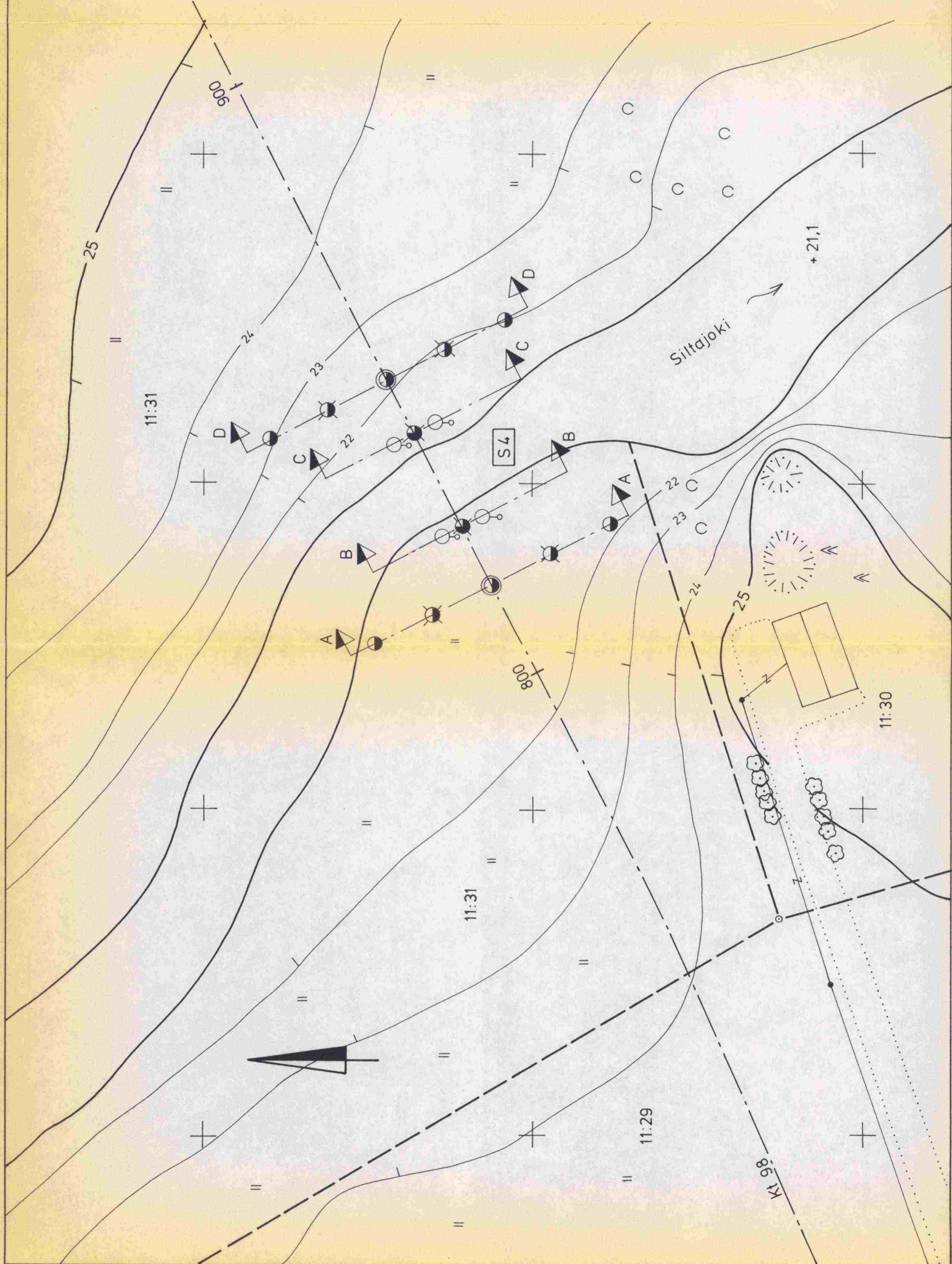
MAALAJIRAJAT



KAIRAUSTEN PÄÄTTYMINEN

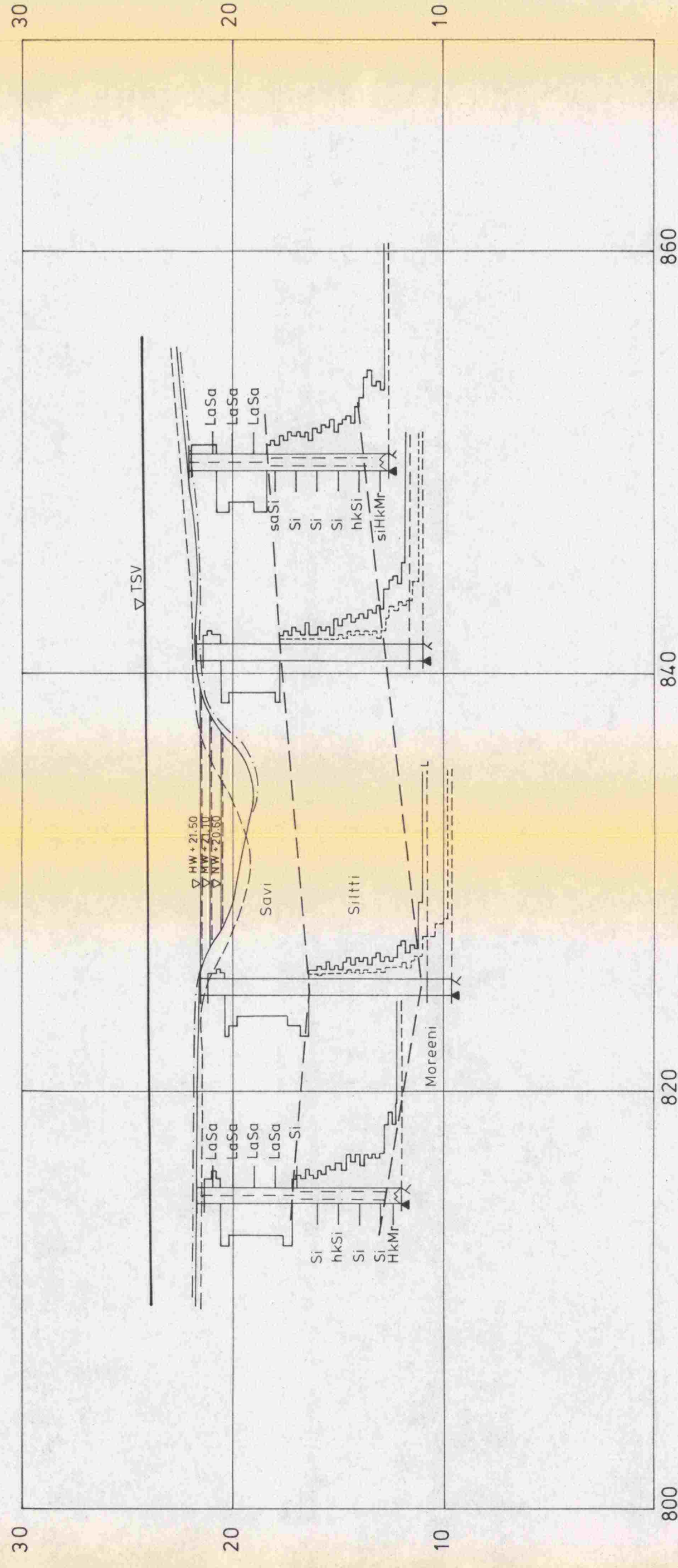


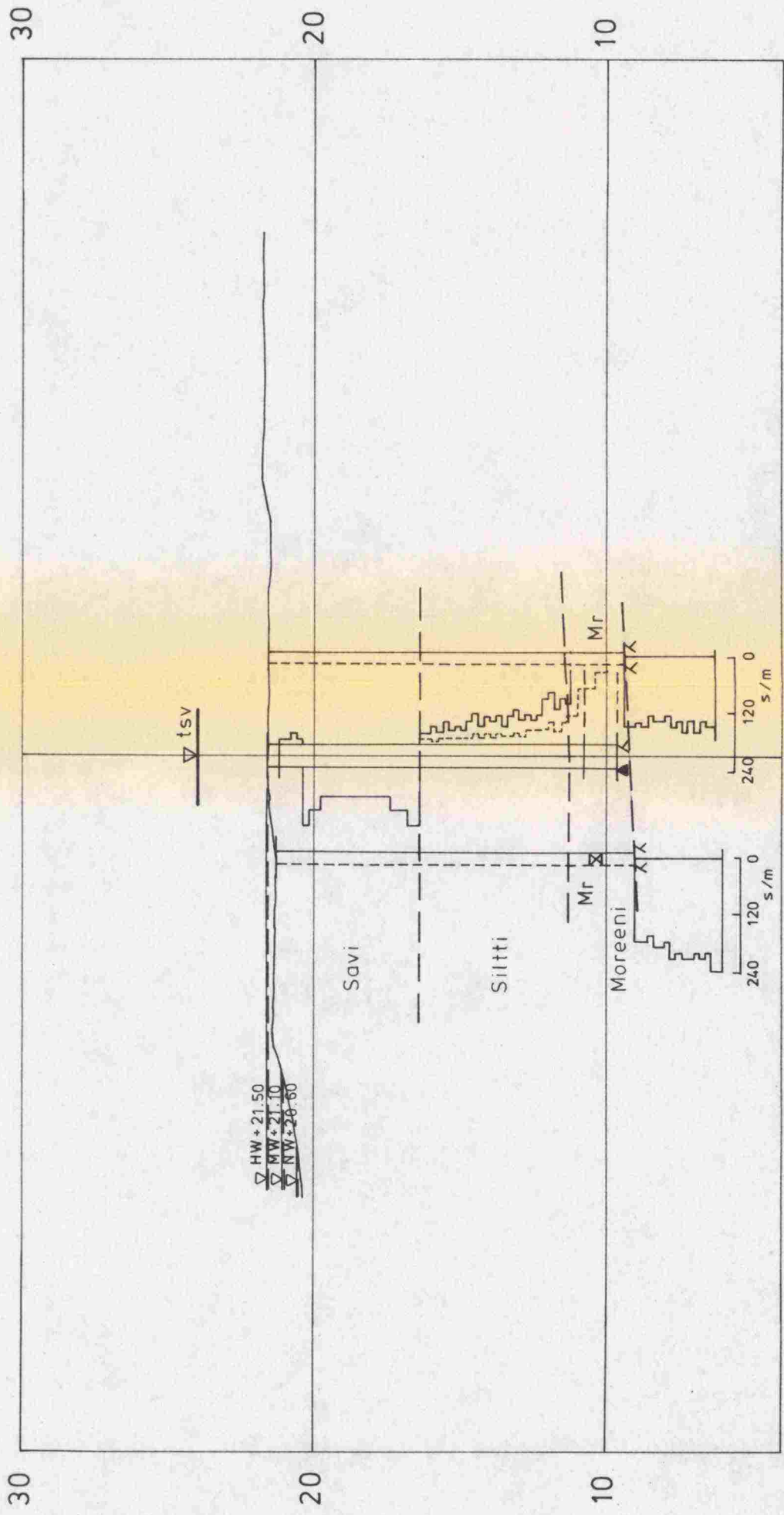
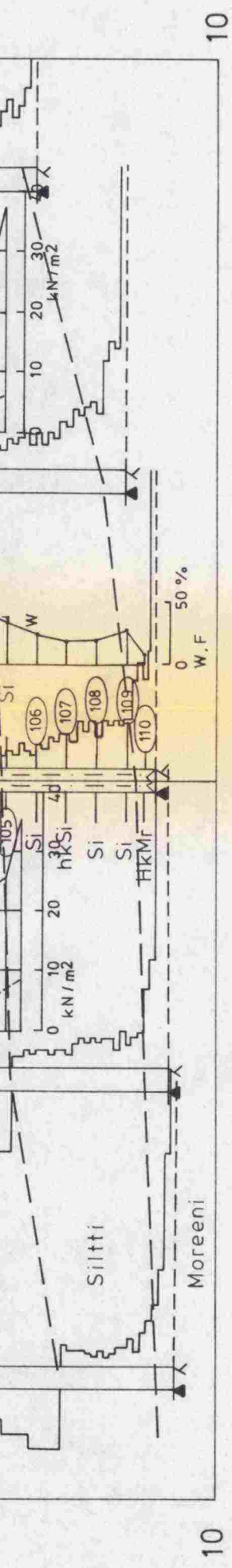
Sillan	S4	pohjatutkimuspiirustukset	30.3.1989
S4-1	Siltapaikan	kartta	1:500
S4-2	Siltapaikan	pituusleikkaus	1:200 / 1:200
S4-3	Poikkileikkaukset	A-A ja B-B	1:200
S4-4	Poikkileikkaukset	C-C ja D-D	1:200



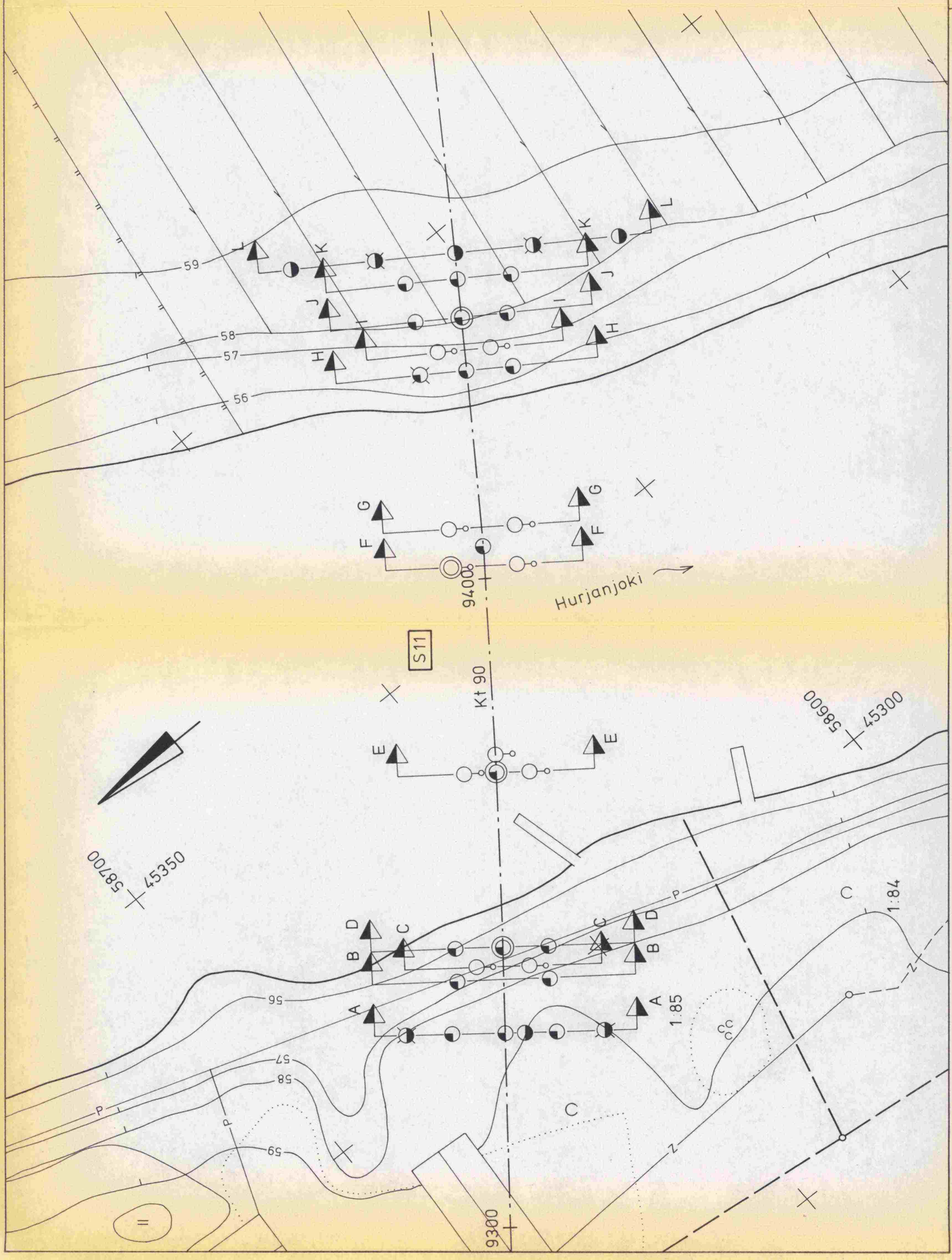
Maanpinta

- mittalinjalla
- 10 m vasemmalle
- 10 m oikealle





Sillan S11 pohjatutkimuspiirustukset	30.3.1989
S11-1	Siltapaikan kartta 1:500
S11-2	Siltapaikan pituusleikkaus 1:200 / 1:200
S11-3	Poikkileikkaus A - A 1:200
S11-4	Poikkileikkaus B - B 1:200
S11-5	Poikkileikkaus C - C 1:200
S11-6	Poikkileikkaus D - D 1:200
S11-7	Poikkileikkaus E - E 1:200
S11-8	Poikkileikkaus F - F 1:200
S11-9	Poikkileikkaus G - G 1:200
S11-10	Poikkileikkaus H - H 1:200
S11-11	Poikkileikkaus I - I 1:200
S11-12	Poikkileikkaus J - J 1:200
S11-13	Poikkileikkaus K - K 1:200
S11-14	Poikkileikkaus L - L 1:200



F-F
PL 9402

